Phys. g.
420

R

Fg. 1785.

<36601556920013

<36601556920013

Bayer. Staatsbibliothek

Physic: gen: ~~184~~
420

Physica. Opera varia physicam illustrantia 98.

R

Sammlung
physisch=mathematischer
Abhandlungen

von

G. G. Schmidt
Professor der Mathematik in Gießen.

Erster Band.

mit Kupfern.

Gießen
bei Georg Friedrich Heyer.

1793.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Sr. Hochfürstl. Durchlaucht

dem

regierenden Herrn Landgrafen

Ludwig X.

zu Hessen=Darmstadt.

Durchlauchtigster Landgraf
Gnädigster Fürst und Herr!

Ew. Hochfürstlichen Durchlaucht dieses erste Bändchen einer Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen unterthänigst zu widmen, würde ich nicht gewaget haben, wenn ich es nicht für meine erste und größte Pflicht hielte, für die mir so vielfältig bewiesene Höchste Gnade Ew. Hochfürstlichen Durchlaucht öffentlich meinen unterthänigsten Dank abzustatten.

Ich darf mit Zuversicht hoffen, daß es für Höchstdero landesväterliche Gesinnungen nicht unangenehm seyn werde in dieser Schrift die Beschreibung eines, von einem vaterländischen Künstler verfertigten sehr vorzüglichen Werkzeuges zu finden.

Mit

Mit den innigsten Wünschen für das ununterbrochene Wohl Ew. Hochfürstlichen Durchlaucht und Höchstdero erhabenen Hauses ersterbe ich ehrfurchtsvoll

Ew. Hochf. Durchlaucht

unterthänigster
Georg Gottlieb Schmidt.

Vorrede.

Es würde überflüßig seyn, wenn ich mich über den Endzwek dieser Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen, von welcher hier das erste Bändchen erscheint, weitläuftig in einer Vorrede verbreiten wollte. Das Bestreben, der Welt durch Beförderung der Wissenschaften, so weit es meine Kräfte erlauben, nüzlich zu werden, ist der Grund, warum ich mich entschlossen habe, die Früchte meiner freien Stunden — die ich ganz dem Studium der Natur zu widmen pflege — in dieser Sammlung von Zeit zu Zeit bekannt zu machen.

Ich werde darinn **theils eigne Versuche, theils Anmerkungen über Anderer Erfahrungen aus mancherley Fächern der Naturwissenschaft, Theorien und Beschreibungen von physikalischen Werkzeugen, u. dgl. m. mittheilen.**

Daß ich mich dabey weder an eine bestimmte Ordnung der Materien, noch der Zeit der Erscheinung der einzelnen Hefte binde, wird mir niemand verargen, da diese Schrift eben

so

so wenig ein periodisches, als systematisches Werk, sondern blos eine Sammlung einzelner Aufsätze seyn soll. Noch muß ich über die, in diesem 1ten Bande enthaltenen, Abhandlungen einige Bemerkungen voraus schicken. Die beyden Abschnitte der ersten Abhandlung beschäftigen sich mit der Theorie und Beschreibung einer sehr vollkommenen Schaalwage. Ich mache dadurch Deutschlands Physiker, Gönner und Beförderer der Naturwissenschaft mit einem Werkzeuge bekannt, von dessen Vortrefflichkeit ich mich durch wiederholte Proben hinlänglich versichert habe. Nicht blos, weil ich dem Künstler, der diese Wage verfertigte, alle mögliche Unterstützung wünsche, damit er seine Talente, mehr wie bisher, der Ausarbeitung physikalischer Werkzeuge widmen könne; sondern mit aus Liebe zur Wissenschaft selbst. So lange es eine nicht bezweifelte Wahrheit bleibt: daß wir nur durch die Hand der Erfahrung geleitet tiefer in die Geheimnisse der Natur eindringen können; eben so lange wird die Vervollkommung iedes einzelnen physikalischen Werkzeugs baarer Gewinn für die ganze Naturlehre seyn. Anfänglich war ich willens, bey der Beschreibung der Wage, den Grund der Einrichtung, und den Endzwek der einzelnen Theile, mit anzugeben. Dadurch würde aber die Ordnung sowohl, als die Deutlichkeit meines Vortrags sehr gelit-

ten

ten haben. Ich beschloß daher, die Theorie in dem ersten Abschnitte vorauszuschicken, und mich bey der Beschreibung der Wage blos auf diesen ersten Abschnitt zu beziehen. Bey der Ausarbeitung desselben hielte ich es für Pflicht, dasienige zu benutzen, was Andere vor mir in dieser Sache geleistet haben. Unter den mir bekannten Schriften über die Theorie der Schaalwagen fand ich Herrn Eulers unten (§. 1.) angeführte Abhandlung am vollständigsten. Ich legte sie also bey der Ausarbeitung meines ersten Abschnittes zum Grunde. Daß ich aber diese Abhandlung nicht blos abgeschrieben, sondern, sowohl in der Ordnung, als dem Erweiß der Lehrsätze ganz einen eigenen Weg befolget habe, wird Jeder, durch eine leicht anzustellende Vergleichung, bald einsehen können. Dasienige, was von §. 18. bis zu Ende des ersten Abschnittes über die beste Art der Unterstützung bey Wagen gesagt ist, gehöret mir allein zu; denn ich habe nie etwas davon in andern Schriften (wenn auch irgendwo dieser Gegenstand behandelt wäre) gelesen. Ob nun durch meine Bemühung die Theorie der Schaalwage vollkommner geworden sey, oder nicht? ob dieser erste Abschnitt besser hätte ausgearbeitet werden, oder lieber ganz wegbleiben müssen? das überlasse ich dem Urtheile der Kenner.

Am Ende des zweiten Abschnittes §. 41. und ferner habe ich eine Methode vorgetragen: Gewichte, durch Halbirungen, auch mit einer ungleicharmichten Wage, sehr genau in kleine Theile zu theilen. Mir war diese Methode neu. Theorie und Erfahrung haben mich gelehret, daß sie mit sehr vielem Vortheil gebraucht werden könne. Die folgenden beyden Abhandlungen stehen mit der erstern in keiner weitern Verbindung. Da sie iedoch größtentheils Versuche enthalten, die mit der in dem zweiten Abschnitte der Abhandlung beschriebenen Wage angestellet worden sind; so dienen sie in so fern die Vortrefflichkeit dieses Instruments ferner zu bestättigen. Die Schwierigkeiten, welche ich bey der Bestimmung des specifischen Gewichtes der atmosphärischen Luft antraff, gaben mir Anlaß zu meiner §. 15. der 2ten Abhandlung vorgeschlagenen Verbesserung und Anwendung des bekannten Guerikischen Manometers. Einige Anmerkungen zu Herrn Professor Gerstners Luftwage machten, daß ich diese Ideen §. 28. u. f. noch weiter verfolgte. Ich bin begierig, ob sie die Prüfung der Kenner aushalten? Nicht weniger begierig bin ich, zu erfahren, ob meine in der 3ten Abhandlung beschriebenen Versuche: **die Gewichtsveränderungen elektrisirter Körper betreffend**, von mehreren Naturforschern mit eben dem Beyfall aufgenommen werden, mit welchen

Herr

Herr Hofrath Lichtenberg zu Göttingen sie aufzunehmen die Güte hatte?

Dadurch aufgemuntert würde ich mit desto größerem Muthe an die mir bereits vorgenommenen Versuche gehen, und es sollte der zweite Band dieser Sammlung demnächst erscheinen.

Der Verfasser.

Erste Abhandlung.

Theorie und Beschreibung einer sehr vollkommnen physikalischen Wage.

Iter Abschnitt.

Theorie der Schaalwage.

§ 1.

Die Vorzüge einer guten Schaalwage lassen sich dann nur gehörig beurtheilen, wenn man mit der Theorie derselben hinlänglich bekannt ist. Man findet diese Theorie in mehreren mathematischen Schriften, und vorzüglich schön in Eulers Abhandlung de bilancibus Comment. Petrop. T. X. p. 3. vorgetragen. Da ich aber nicht wohl voraussetzen darf, daß alle meine Leser diese Schriften kennen, überdieß selbst Euler am angeführten Orte sich blos auf die Construction des Wagebalkens einschränkt, und alles, was die Unterstützungen und übrigen Erfordernisse einer guten Wage betrifft, mit Stillschweigen übergeht: so möchte es wohl nicht überflüssig scheinen, wenn ich die Theorie der Schaalwage, so viel möglich vollständig, und mit besonderer Rücksicht auf das im nächsten Abschnitte zu beschreibende Werkzeug hier im Zusammenhange vortrage.

§. 2.

Die erste Bedingung bey einer guten Schaalwage ist: daß sie durch das Einspielen ihrer Zunge, oder den wagrechten Stand ihres Balkens die Gleichheit der auf den Schaalen liegenden Gewichte angebe. Unter welchen Umständen dieses erfolge, erhellet also. ab Fig. 7. Tab. II. sey der Wagebalken, c die Unterstützung desselben, um welche er sich frei drehen kann, cd eine lothrechte Linie durch diese Unterstützung, e der Schwerpunct des Wagebalkens ohne Schaalen und Gewichte, P das Gewicht des Wagebalkens. Die Anhängepuncte der Schaalen mögen a und b, m und n die Gewichte der Schaalen, p und q die aufliegenden Gewichte bedeuten. Ich nehme an, der Wagebalken mit den Schaalen ohne Gewichte wäre im Gleichgewichte, so müssen die statischen Momente auf beyden Seiten gleich seyn; also $da. m = de. P. + db. n.$ Kommen die Gewichte p und q hinzu, und es soll noch alles im Gleichgewichte seyn, so ist $da. m + da. p = de. P + db. n + db. q$, und daher auch $da. p = db. q$, also für $p = q$, $da = db$. Hieraus folgt, daß bey gleichen Gewichten p und q der Wagebalken alsdann wagrecht, und die Zunge df lothrecht, stehen werden, wenn das Perpendickel von der Axe c auf die Linie der Anhängepuncte

puncte der Schaalen a b, diese Linie in d halbiret, oder, wie man sich kurz ausdrückt, wenn die Wage gleicharmicht ist, und die Schaalen ohne Gewichte an dem Wagebalken sich das Gleichgewicht halten.

§. 3.

Ist m = n, so wird nun, da da = db ist, de. P = da. m — db. n = o (§ 2). Das ist, der Schwerpunct des Wagebalkens fällt in die lothrechte df. Sollen also die beyden Wageschaalen ein gleiches Gewicht haben, so muß der Wagebalken auch ohne Schaalen wagrecht, und die beyden Aerme desselben gleichwichtig seyn. Nun ists aber offenbahr bequemer bey einer Wage gleiche, als ungleiche Schaalen zu haben, weil man im ersten Falle die Wage mit und ohne Schaalen brauchen, die Schaalen mit und ohne Gewichte verwechseln kann. Man fordert daher: daß der Wagebalken, so wohl für sich, als auch mit den Schaalen, oder noch überdieß mit gleichen Gewichten beschweret, im Gleichgewichte seyn müsse.

§. 4.

Eine zweite Bedingung einer guten Wage ist: daß sie bey gleichen aufliegenden Gewichten nie anders, als wenn der Wagebalken horizontal steht, ruhen

ruhen könne; bey ungleichen Gewichten aber nur alsdann, wenn er gegen die Seite des schwererern hin geneigt ist. Der erste so wohl wie der zweite Theil der Bedingung kann alsdann nicht statt finden, wenn der Schwerpunct des Wagebalkens mit dem Unterstützungspuncte mitten in die Linie der Aufhängepuncte der Schaalen fällt. Denn fiele der Schwerpunct e Fig 7. mit dem Unterstützungspuncte c zusammen in d, in die gerade Linie a′b′, so wäre das Moment für das Gewicht des Wagebalkens beständig = o, und die Momente für die Gewichte p′ und q′ oder p′. a′d. Sin a′, und q′. b′d. Sin b′ *) einander gleich, so lange p′ = q′ und a′d = db′, weil Sin a′ beständig = Sin b′ ist. Das heißt, die Wage würde in ieder Lage ruhen. Für ungleiche Gewichte p′, q′ wären die Momente beständig ungleich, den Fall ausgenommen, da beyde Momente = o würden. Alsdann müßten Sin a′ und Sin b′ zugleich = o werden. Da dieß unter diesen Umständen nicht anders geschehen kann, als wenn der Wagebalken in eine senkrechte Lage kommt, so würde er bey dem mindesten Uebergewichte auf einer Seite sogleich ganz herum schlagen. Diese Einrichtung kann daher nicht statt finden.

Um

*) Anmerkung. Sin a′, Sin b′ bezeichnen der Kürze wegen die Sinusse p′a′d, q′b′d.

Um kürzer zu übersehen, welches überhaupt die vortheilhafteste Anordnung zwischen dem Schwerpuncte des Wagebalkens, Unterstützungspuncte der Axe und Aufhängepuncten der Schaalen sey, so will ich der obigen zweiten Forderung gleich folgende beyfügen.

§. 5.

Als' eine dritte Bedingung bey einer guten Wage wird verlangt: daß sie a.) auch den kleinsten Ueberschuß in der Größe einer von beyden Gewichten durch eine hinlängliche Neigung angebe, und b.) nach wiederhergesteltem Gleichgewichte, mit einer der Größe der Friction entsprechenden Kraft in den wagrechten Zustand zurückzukehren strebe. Beyde Eigenschaften begreifft man unter dem Namen der Empfindlichkeit der Wage.

Diese Forderung allgemein aufzulösen, seyen Fig. 8. Tab. II. c die Unterstützung, e der Schwerpunct des Wagebalkens, P das Gewicht des Wagebalkens, a und b die Aufhängepuncte der Schaalen. q und q + r mögen die Summen der Gewichte der Schaalen nebst ihren Auflagen ausdrucken, r den Ueberschuß der einen über die andere. Vermöge der erstern Bedingung nehme ich ce als lothrecht, und ad = db an. Für die Gewichte q und q + r ruhe der Wagebalken in der Lage

a'd'b', man sucht den durch den Ueberschuß r bewirkten Neigungswinkel fcf', den ich der Kürze wegen c heiße.

Die Winkel, welche die lothrechten Directions-Linien der Kräfte q und q + r mit den Hebelärmen cb, ca; cb', ca' machen, bezeichne ich blos durch a, b; a', b'. Es erhellet aus der Betrachtung der Figur, daß der Winkel bxb' dem Winkel fcf' gleich sey. Ich schreibe daher in der Folge für beyde Winkel blos c. Ferner erhellet aus der Figur, daß $b' = b + c$, $a' = a - c$, da nun $b = a$, so ist auch $a = b - c$. Für den Zustand des Gleichgewichts in der Lage a'd'b' müssen die Momente auf beyden Seiten gleich seyn. Man hat also

A.) $cb'. (q + r). \text{Sin. } b' = ca'. q. \text{Sin. } a' + ec. P. \text{Sin } Péc.$ Es ist $cb' = ca' = cb$; $ce' = ce$; $\text{Sin } Péc = \text{Sin } c$; $\text{Sin } b' = \text{Sin } (b + c) = \text{Sin } b. \text{cosin. } c + \text{Sin. } c. \text{cos. } b$; $\text{Sin } a' = \text{Sin } (b - c) = \text{Sin. } b. \text{cosin. } c - \text{cos. } b. \text{Sin } c.$

Sezt man nun diese Werthe in die Gleichung A.) so erhält man, gehörig geordnet, und Gleiches gegen Gleiches weggestrichen,

$$P. ec. \text{Sin. } c - (2 q + r)\ cb. \text{cosin } b. \text{Sin } c = r. cb. \text{Sin } b. \text{cosin } c. \qquad \text{B.)}$$

Nun erhellet aus der Figur, daß, wenn b größer, als ein rechter Winkel ist, cb. cosin b. =

$= -$ cd, und Sin b. cb $=$ db sey; also die Tangente des Neigungswinkels oder

$$\text{tang. c} = \frac{\text{Sin c}}{\text{cosin c}} = \frac{\text{r. db}}{\text{P. ec.} + (2\text{q.} + \text{r}).\text{cd}} \quad \text{C.)}$$

§. 6.

Hieraus findet man den Ueberschuß des einen Gewichtes über das andere oder

$$\text{r} = \frac{\text{tang c (P. ec} + \text{rq. cd)}}{\text{db} - \text{cd. tang. c.}} \quad \text{D.)}$$

Die Kraft, womit r die Wage unterwärts zu drehen strebt, ist $=$ r. cb. Sin b′, und weil alles im Gleichgewichte ist, so muß das Bestreben der Wage sich in den horizontalen Stand wieder zurückzubegeben oder die restituirende Kraft, wenn r weggenommen wird, eben so groß seyn. Diese Kraft heiße v, so hat man v $=$ r. cb Sin b′, und aus (§. 5.) v $=$ r. cb. Sin (b $+$ c) $=$ r. cb (Sin b. cosin. c $+$ cosin b Sin c.)

In dieser Gleichung für cb. Sin. b $=$ db und cb. cosin b $= -$ cd die Werthe db und $-$ cd gesezt giebt v $=$ r. (db. cos. c $-$ cd. Sin c) $=$ r cosin. c (db $-$ cd. tang. c); hierinn den Werth von r aus D.) substituiret, macht v $=$ cos. c. tang. c. (P. ec $+$ 2q. cd) $=$ Sin c. (P. ec $+$ 2q. cd) (E.)

Aus der Gleichung C.) für tang. c. erhellet, daß die durch die Ueberwucht bewirkte Neigung

des

des Wagebalkens, bey übrigens gleichen Umständen, desto größer sey, ie größer db oder ie länger die Aerme des Wagebalkens, und ie kleiner ec und cd sind. Die Verlängerung des Wagebalkens kann ohne Nachtheil der restituirenden Kraft statt finden, weil db in der Gleichung E.) für v gar nicht enthalten ist, und ist daher eins der vorzüglichsten Mittel, eine Wage sehr empfindlich zu machen. Wenn hingegen ec und cd abnehmen, so nimmt auch die restituirende Kraft v ab, wie aus Betrachtung der Gleichung E.) erhellet. Diese Kraft könnte endlich so vermindert werden, daß sie nicht mehr im Stande wäre die Friction zu überwinden, wodurch die Wage faul und unbrauchbar würde. Hat man Mittel die Friction zu verringern, so können cd und ed mit Vortheil kleiner werden, und die Wage wird alsdann auch das geringste Uebergewicht schon durch einen merklichen Ausschlag zu erkennen geben.

Nähme man cd = o an, oder befände sich der Drehungspunct der Wage in der Linie der Aufhängepuncte der Schaalen, so wäre aus C.) $\text{tang}\, c = \frac{r.\, db}{P.\, dc}$, also größer, weil der Zähler dieses Bruches ungeändert geblieben, der Nenner aber kleiner geworden ist. Bey dieser Einrichtung der Wage würde der Ausschlag nicht

nur

nur sehr beträchtlich seyn, sondern auch überdieß der Vortheil erhalten werden, daß man aus der Größe des Ausschlags mit leichter Mühe das Uebergewicht durch Rechnung finden könnte. Aus D.) hat man nämlich $r = \frac{\text{tang. c. P. de}}{\text{db}}$, welcher Werth sich wie die Tangente des Ausschlagwinkels verhält, weil $\frac{\text{P. de}}{\text{db}}$ bey einerlei Wage eine beständige Größe ist. Dagegen hat eine solche Einrichtung wieder den Nachtheil, daß die restituirende Kraft v = Sin c. P. de (E.) nicht mit den Beschwerungen der Schaalen, mit welchen die Friction zunimmt, wächset, sondern unveränderlich bleibt, wenn c, P, und de sich nicht ändern. Hieraus fliesset folgender Satz.

Eine Wage, bey welcher der Drehungspunct des Wagebalkens mit den Aufhängepuncten der Schaalen in eine gerade Linie, der Schwerpunct des Wagebalkens aber unter diese Linie fällt, wäre nur für Gewichte bis zu einer bestimmten Größe empfindlich, und würde für größere faul werden. Bey Probierwagen könnte diese Einrichtung sehr vortheilhaft seyn.

§. 8.

Würde cd negativ, oder fiel der Unterstützungspunct unter die Linie der Aufhängepuncte der Schaalen ab, so ergiebt sich aus E.) v = Sin

Sin c. (P. ec — rq. cd.) Die restituirende Kraft würde, für rq. cd = P. ec, = 0; und für rq. cd > P. ec negativ werden. In dem ersten Falle würde die Wage stehen bleiben, und in dem andern, statt zurückzugehn, ganz herunter schlagen. In beyden Fällen wäre sie unbrauchbar. rq. cd muß also kleiner seyn, als P. ec. Nähme man hierbey ec = cd an, oder fiel der Unterstützungspunct des Wagebalkens in die Mitte zwischen d und e unter die Linie ab, so hätte man alsdenn rq < P. Das Gewicht der beyden Auflagen mit den Schaalen müßte kleiner seyn, als das Gewicht des blosen Wagebalkens. Rückte c noch näher nach e, so müßte das Gewicht der Auflagen stets abnehmen; läge aber c näher bey d, so kann es größer werden, als das Gewicht des blosen Wagebalkens, und dieß immer mehr, je weiter c weg von e nach ab hinrückt. Hieraus erhellet, daß diese Wage von noch beschränkterem Gebrauche, als die in dem vorhergehenden Paragraph beschriebene wäre. Ich würde daher die leztere der erstern immer vorziehen, weil beyde beynahe gleiche Empfindlichkeit, und die leztere noch den Vortheil gewähret, daß die Gewichte durch den Ausschlagwinkel leicht berechnet werden können.

Lägen c und e beysammen, oder c noch weiter als e unter ab, so würde die restituirende

Kraft

Kraft v beständig negativ, also die Wage unbrauchbar seyn.

§. 9.

Nun will ich noch kürzlich untersuchen, wie sich die Beschaffenheit der Wage bestimmt, wenn c unveränderlich bleibt, aber die Lage von e verändert wird. Wenn ec abnimmt, so wird der Ausschlagwinkel immer größer, die restituirende Kraft aber kleiner, wie aus den Gleichungen C.) und E.) für tang c und v erhellet. Für den Fall, wenn c und e in einem Puncte über ab liegen, hat man

$$\tan c = \frac{r.\ db}{(2q + r)\ cd},$$

$$v = \sin c.\ 2q.\ cd.$$

Hier hängt die restituirende Kraft gar nicht von dem Gewichte des Wagebalkens, sondern blos von den Auflagen und der Größe des Neigungswinkels ab. Der Wagebalken für sich allein würde gar keine restituirende Kraft besitzen, sondern in jeder Lage ruhen. Durch Schaalen und Gewichte beschweret erhält er eine restituirende Kraft, und diese Kraft wächset mit den Beschwerungen. Es muß nämlich cd, in Vergleichung mit db immer klein bleiben, theils damit der Wagebalken nicht zu schwer, und die Friction zu groß werde, theils damit der Ausschlagwinkel

e die gehörige Größe behalte. Nimmt man also cd für eine beständige Größe an, so wird v mit q beständig wachsen. Zwar nimmt, in der Formel v = Sin. c. 2 q. cd, Sin. c ab, wenn q wächset, aber dieses Abnehmen steht mit dem Wachsen von q nicht in einerley Verhältniß, wie aus folgender Betrachtung erhellet. Die Tangente von c nimmt ab, wenn q wächset, weil aber der eine Theil des Nenners = r. cd in ihrem Werthe ungeändert bleibt, so wächset q schneller, als tang. c abnimmt. Tang. c. nimmt aber schneller ab, als Sin. c. = cosin. c. tang. c; denn indem tang. c, also c abnimmt, wächset cosin. c. Um so viel mehr muß also q schneller wachsen, als Sin. c abnimmt. Hieraus fließet folgender Satz.

Eine Wage deren Aufhängepunct und Schwerpunct des Balkens zusammen über die Linie der Aufhängepuncte der Schaalen fallen, ist blos für schwere Gewichte brauchbar. Für den Fall wenn ec verneint würde, oder e über c läge, hat man v = Sin. c (2q. cd — P. ec.) Die restituirende Kraft würde so lang negativ seyn, als P. ec > rq. cd. Diese Wage, da sie nicht sehr beschweret ganz herunter schlagen würde, wäre für kleine Lasten ganz untauglich. Zur Erläuterung sind Fig. 15. 16. und 17. die in den Paragraphen 7, 8 und 9 beschriebene Wagen abgebildet worden.

Fig.

Fig. 15. Tab. II. stellet diejenige Wage vor, worinnen der Schwerpunct des Wagebalkens unter die Linie der Aufhängepuncte der Schaalen, der Unterstützungspunct aber in diese Linie fället. Fig. 16. Tab. II. liegt der Unterstützungspunct mit dem Schwerpuncte zusammen unter der Linie der Unterstützungspuncte der Schaalen, und Fig. 17. liegen beyde Puncte zusammen über dieser Linie.

§. 10.

Vergleicht man die bisher durchgegangenen Fälle mit einander, so ergiebt sich: daß, wenn man nicht auf einen besondern Gebrauch Rücksicht nehmen will, diejenige Anordnung die beste sey, wenn der Unterstützungspunct c der Wage über ab, der Linie der Aufhängepuncte der Schaalen, und der Schwerpunct des Balkens e darunter liegt; aber beyde Entfernungen, ed und cd, so klein angenommen werden, daß die restituirende Kraft die Größe der Friction nur eben überwindet. Könnte die Einrichtung so getroffen werden, daß c und e einander nach Willkühr genähert, oder von einander entfernt werden könnten, so wäre eine solche Wage unstreitig die Vollkommenste, indem sie mit gleicher Schärfe bey größeren und bey kleineren Lasten gebraucht werden

den könnte. *) Wie dieser Endzweck bey der zu beschreibenden Wage erreicht worden ist, soll in dem folgenden Abschnitte gezeigt werden.

§. 11.

*) Anmerk. Bey den meisten Wagen, die zum gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind, würde freilich eine Einrichtung, wie die in dem Texte geforderte, zu kostbar und überflüssig scheinen. Es war aber auch nicht meine Absicht, practische Vorschriften zur Verfertigung der im gemeinen Leben üblichen Wagen hier mitzutheilen, sondern blos die Theorie einer sehr vollkommnen Schaalwage zu entwickeln. Man findet solche Vorschriften in Leup. Theatr. stat. univ. I. Ich erinnere hier nur, daß Leupold den Unterstützungspnnct stets in die Linie der Anhängepuncte der Schaalen sezt, da doch diese Anordnung bey Wagen, auf welchen schwere Lasten gewogen werden sollen, nicht die beste ist. Es wäre immer rathsam, auch bey alltäglichen Wagen, wenigstens eine solche Anordnung zwischen Schwerpunct, Unterstützungspunct und Anhängepuncten der Schaalen zu treffen, welche für den besonderen Gebrauch einer ieden Wage die vortheilhafteste wäre. Ich würde aus den angegebenen Gründen blos zu Probier und andern sehr empfindlichen Wagen die Einrichtung Fig. 15, zu großen Markt und Fleischerwagen die Einrichtung Fig. 16. wählen. Bey Krämerwagen könnte der Unterstützungspunct über, und der Schwerpunct des Wagebalkens unter die Linie der Aufhängepuncten der Schaalen fallen.

Weil es vielleicht Schwierigkeiten haben könnte, die Einrichtung Fig. 15. und Fig. 17. bey einem

§. 11.

Aus den vorgetragenen Grundsätzeu lassen sich leicht folgende Regeln für die Verfertigung eines gut

---

nem Wagebalken genau zu treffen, so will ich kurz zeigen, wie man auf eine mechanische Weise untersuchen könne, ob der Wagebalken die verlangte Einrichtung habe, oder nicht. Wenn der Unterstützungspunct sich gerade in der Linie der Anhängepuncten der Schaalen befindet, so verhalten sich die Uebergewichte wie die Tangenten der Ausschlagwinkel. Man bringe daher einen in gleiche Theile, von willkührlicher Größe, getheilten Stab senkrecht an das eine Ende des in seinen Pfannen ruhenden Wagbalkens, so daß dieß Ende frei an der Theilung des Stabes auf und ab spielen kann. Man bemerke auf welchen Punct der Theilung der ruhende Wagebalken hinweiset, bringe hierauf ein Gewicht, und hernach das doppelte, dreifache, vierfache u. s. w. dieses Gewichtes, an die nach dem Stabe gekehrte Seite des Wagebalkens. Sind die durch die Ausschlag- winkel an dem Stabe bezeichneten Mengen von Theilen in dem Verhältnisse der Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. so ist dieß ein Beweiß, daß der Unterstützungspunct sich gerade in der Linie der Aufhängepuncte der Schaalen befindet. Wachsen die Mengen der Theilen in einem kleineren Verhältnisse als die Gewichte, so befindet sich der Unterstützungspunct über der Linie der Anhängepuncte der Schaalen; wachsen sie in einem größeren Verhältuisse, so befindet er sich unter dieser Linie. Man wird aber dann erst einen Unterschied zwischen dem Verhältnisse der Gewichte und den Mengen

gut eingerichteten Wagebalkens herleiten. Man gebe dem Wagebalken eine solche Gestalt, bey wel=

---

gen der angezeigten Theilen wahr nehmen; wenn das Uebergewicht gegen das Gewicht des ganzen Wagebalkens schon beträchtlich ist. Dabey ist zu bedenken, daß auch die blose Friction den Ausschlagwinkel etwas vermindert. Noch bequemer und sicherer ist vielleicht folgende Methode. Man bringe anfänglich an den Wagebalken nur ein kleines Gewicht, iedoch ein solches, das schon einen hinlänglich merklichen Ausschlag giebt, und bemerke diesen Ausschlag genau an der Theilung des Stabes. Hierauf beschwere man den Wagebalken zu beyden Seiten etwa mit dem zehnfachen des anfänglichen Gewichtes, und überdieß noch auf der einen Seite mit dem anfänglichen. Ist nun der durch das Uebergewicht bewirkte Ausschlag noch derselbe, oder (wegen der Friction) beynahe derselbe, den das anfängliche Uebergewicht allein hervorbrachte, so befindet sich der Unterstützungspunct gerade in der Linie der Anhängepuncte der Schaalen. Ist der Ausschlag der beschwerten Wage beträchtlich größer oder kleiner, als der unbeschwerten, so ist der Unterstützungspunct unter oder über der Linie der Anhängepuncte der Schaalen.

Ob die Einrichtuug Fig. 17. bey einem Wagebalken genau getroffen wäre, ließ sich folgendermaßen beurtheilen. Man bringe den Wagebalken ohne Schaalen auf seine Unterstützung, und sehe ob er in ieder Lage ruhe, darauf beschwere man ihn auf beyden Seiten mit gleichen Gewichten, bringe denselben aus dem wagrechten Stande, und

welcher die beyden Aerme am leichtesten vollkommen gleich lang, und gleich schwer verfertigt werden können. Da nun vermöge dieser Bedingung die Aerme einander gleich und ähnlich werden müssen, und der Wagebalken in der Mitte, wo er am leichtesten von der anhängenden Last gebogen werden könnte, immer stärker als an den Enden seyn muß, so möchte es nicht undienlich seyn, den beyden Aermen die Gestalt von zwey abgestutzten Kegeln, die mit ihrer größern Grundfläche aneinander sitzen, zu geben. In diesem Falle würde der Wagebalken aus einem Stücke Metall durch Abdrechseln bequem verfertigt werden können. *) Könnte man nun voraussetzen, daß die ganze Masse des Wagebalkens von gleicher Dichtigkeit wäre, so würde der Mittelpunkt der Schwere in die Mitte der Axe der beyden abgestutzten

und sehe ob er nach einigen Oscillationen in diesen Stand zurückkehret. Die erste Probe beweißt, daß der Schwerpunct und Unterstützungspunct des Wagebalkens beysammen liegen, die zweite, daß sie sich beyde über der Linie der Anhängepuncte der Schaalen befinden.

*) Anmerk. Herr Ramsden hat diese Gestalt bey seiner vortreflichen Wage, von der man eine Abbildung und Beschreibung in Rozier observ. d. phys. T. XXXIII. p. 144 seq. und in goth. Mag. für das neuste aus der Physik VI. B. 4. St. S. 100 f. findet, gewählet.

Kegeln fallen. Wollte man die Anhängepuncte Schaalen in eben diese Axe anbringen, so müßte der Schwerpunkt des Wagebalkens, etwa durch ein unten in der Mitte desselben angeschraubtes Gewicht, unter die Axe, die Unterstützung des Wagebalkens aber über dieselbe gebracht werden. Eine solche kegelförmige Gestalt des Wagebalkens würde, bey der nöthigen Stärke, nicht die größte Leichtigkeit verschaffen, wenn der Wagebalken massiv wäre. Man muß ihn daher hohl machen. Da dieß etwas kostspielig und mühsam ist, so möchte in dieser Rücksicht ein pyramidenförmiger Wagebalken, dessen Höhe beträchtlich größer, als die Dicke ist, vorzuziehen seyn. Fig. 9. stellt bey ee einen senkrechten Querschnitt eines solchen Wagebalkens dar. Daß man aber auf die Verminderung des Gewichts, wegen der damit verbundenen Verminderung der Friction ein vorzügliches Augenmerk richten müsse, erhellet aus dem bereits Angeführten von selbst.

§. 12.

Vermöge dieses Grundsatzes ergiebt sich zugleich, daß die bey den Wagen gewöhnlich angebrachten Zungen nichts taugen. Sie bringen nämlich, da sie auf die Mitte des Wagebalkens senkrecht aufgerichtet werden, den Schwerpunct höher, und, um diesen an seiner gehörigen Stelle

zu

zu erhalten, muß das unten an dem Wagebalken angebrachte Gegengewicht um so viel größer werden. Hierdurch wird das ganze Gewicht und die Friction des Wagebalkens vermehret. Die Zungen können aber um so eher wegbleiben, da die Absicht, den horinzontalen Stand der Wage dadurch anzuzeigen, eben so leicht erreicht werden kann, wenn man an den beyden Enden des Wagebalkens Spitzen befestigt, welche, indem sie an zwei zur Seite angebrachten Zeichen hinweisen, den horinzontalen Stand der Wage angeben. Noch vorzüglicher würde es, aus gleich anzuführenden Gründen, seyn, wenn wenigstens an einer Seite, statt des Zeichens, sich ein in Grade getheilter Kreißbogen befände, dessen Mittelpunct in den Umdrehungspunct des Wagebalkens fiel.

§. 13.

Es ist nämlich schon oben gezeigt worden, daß die restituirende Kraft der Wage, welche noch v heißen soll, kleiner wird, wenn die Empfindlichkeit der Wage durch die wechselseitige Annäherung des Unterstützungs- und des Schwerpunctes vermehrt wird. Die in dem Puncte b, Fig. 8. Tab. II. bey einer Neigung des Wagebalkens unmittelbar aufwärts wirkende Kraft, oder die bewegende Kraft dieses Punctes ist $\frac{r}{cb}$

Da

Da nun diese Kraft mit v abnimmt, so muß auch die beschleunigende Kraft, und die Geschwindigkeit womit b ausweicht, bey übrigens gleichen Umständen, in demselben Verhältnisse kleiner werden. Nun wird der Wagebalken, wenn er in die horinzontale Lage zurückgekommen ist, nicht ruhen, sondern sich nach den Gesetzen schwingender Körper hin und her bewegen. Dieses Hin- und Herschwingen wird desto länger anhalten, je geringer die Friction der Wage ist. Die Dauer eines Schwunges wird desto größer seyn, je kleiner v und je länger der Wagebalken ist, weil die Zeiten der Schwünge, bey sonst gleichen Umständen, sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus der Länge der Pendeln, oder den Entfernungen der Schwingungspuncte von den Aufhängepuncten, dividiret durch die beschleunigenden Kräfte. Die Entfernung des Schwingungspunctes nimmt aber zu mit der Länge des Wagebalkens, und die beschleunigende Kraft nimmt ab mit v. Da nun die Verlängerung des Wagebalkens, das Abnehmen von v und die Verminderung der Friction die Empfindlichkeit der Wage vermehren, so fliesset hieraus: daß eine Wage desto länger, und desto langsamer oscillire, je empfindlicher sie ist.

§. 14.

§. 14.

Aus diesem Grunde würde bey einer sehr empfindlichen Wage das Abwiegen allzuviel Zeit fordern, wenn man iedesmal, um den genauen Stand des Wagebalkens zu erfahren, warten müßte, bis er völlig zur Ruhe gekommen wäre. Dieses wird entbehrlich, wenn das zugespizte Ende des Wagebalkens an einem in Grade getheilten Kreißbogen hin und herspielet. Man hat alsdenn nur nöthig einen aufeinander folgenden höchsten, und tiefsten, Stand des Wagebalkens zu bemerken; das arithmetische Mittel davon zeiget den Ort an, bey welchem der Wagebalken zur Ruhe gekommen seyn würde. Wenn der Mittelpunct des Kreißbogens mit dem Umdrehungspuncte der Wage zusammen fällt, so drücken die durch den Wagebalken angegebenen Grade die Größe des Neigungs- oder Ausschlagwinkels c aus. Dadurch erhielte man den Vortheil, daß man den Ueberschuß des Gewichtes auf einer Seite aus der Formel D.) (§ 6.) für r berechnen könnte. Doch möchte ich nicht anrathen das Abwiegen, auch bey kleinen Gewichten, ganz bey Seite zu setzen und ihre Größe blos berechnen zu wollen. Denn die in der Formel für r vorkommenden Größen ec und cd werden, wenn die Wage nur einigermaßen empfindlich ist, immer

sehr

sehr klein seyn, und man würde daher in ihrer Bestimmung leicht fehlen können. Ein solcher Fehler würde sich, bey der Berechnung des Uebergewichtes, weil ec mit dem Gewichte des Wagebalkens, cd mit dem Gewichte der Auflagen multipliciret wird, beträchtlich vermehren. Hiervon ist iedoch der Fall ausgeschlossen, wenn cd = o ist, und also r sich wie tang. c verhält; da man die verschiedenen Werthe von r für iedes c berechnen könnte, ohne den Factor $\frac{P. ec}{db}$ zu wissen, wenn nur ein r für ein gegebenes c durch genaues Abwiegen wäre bestimmt worden.

§. 15.

Ueber die beste Art der Unterstützung bey einer Wage werden sich ebenfalls einige allgemeine Regeln hier leicht entwickeln lassen. Die Axe des Wagebalkens, um welche er sich drehet, so wie die beyden Unterlagen oder Pfannen worauf die Axe ruhet, müssen zur Verminderung der Friction von sehr harten Materien, die Axe etwa von Stahl, die Unterlage von Achat, oder beyde wenigstens von gehärtetem Stahl seyn. Um die Reibung noch mehr zu verhindern, giebt man dem untern Theile der Axe die Gestalt einer scharfen Messerschneide.

Die

Die auf beyden Seiten des Wagebalkens hervorgehenden Schneiden müssen sich in einer geraden, und auf die Ebene der Bewegung des Wagebalkens senkrechten Linie befinden.

§. 16.

Was für ein Nachtheil daraus entstünde wenn diese Bedingung nicht erfüllt würde, wird folgende Betrachtung lehren. ab Fig. 10. stelle eine wagrechte Linie durch die Mitte des Wagebalkens, cd die ebenfalls wagrechte Axe desselben vor. Denkt man sich durch ab eine lothrechte Ebene, so erhält man die Ebene der Bewegung für ab um die unbewegliche Axe cd. Die beyden in a und b wirkenden Kräfte, welche den Balken zu drehen streben, sollen durch die Gewichte p und q ausgedrükt werden. Da diese Kräfte unter schiefen Winkeln auf cd wirken, so sind ihre Momente p. ae und q. bf einander gleich, wenn p = q und ae = bf. Es ist aber ae = bf, wenn cd eine gerade Linie ist, und x, y, als Scheitelwinkel, also auch ihre Sinusse für gleiche Halbmesser einander gleich sind. Hieraus erhellet, daß eine gleicharmichte Wage in ihrem horinzontalen Stande gleiche Gewichte angebe, wenn schon die Schneide ihrer Axe mit der Ebene der Bewegung schiefe Winkel macht. Nur muß diese Schneide in einer geraden und wagrechten Linie seyn. Weil aber

die

die Momente der drehenden Kräfte p. ac und q. bf sind, so ist diese Wage anzusehen, als wären ihre beyden Aerme ac, und bf. Sie wird also unempfindlicher seyn (6.), als sie unter gleichen Umständen werden könnte, wenn die Axe senkrecht auf der Ebene ihrer Bewegung wäre.

§. 17.

Träfe die Bedingung, daß cd eine gerade, wagrechte Linie seyn soll, nicht ein, wäre etwa id zwar wagrecht aber nicht gerade, so würde das Moment für p = p. ai > q. bf, größer als das Moment für q seyn, und die Wage würde in ihrem horizontalen Stande nicht gleiche Gewichte angeben. Es erhellet daß die Abweichung der Axe von der geraden Linie eigentlich nur von ihren auf beyden Seiten des Wagebalkens hervorstehenden Theilen zu verstehen sey. Denn wenn man die Axe ganz dicht bey dem Wagebalken in di Fig. 10. I. unterstützet, so kann man sich durch die Puncte d und i immer eine gerade Linie vorstellen. Ist diese, wie ich annehme, wagrecht, so läßt sich auch eine solche Einrichtung des Wagebalkens treffen, daß bey dem horizontalen Stande desselben sein Schwerpunct in eine lothrechte Linie durch f fällt. Und denn sind die Momente der an der Wage wirkenden Kräfte, vermöge des vorhergehenden Paragraphs, einander

gleich,

gleich, di mag lothrecht oder nicht lothrecht auf die Ebene der Bewegung des Wagebalkens seyn. Dieselben Schlüsse gelten noch, wenn die Axe in zwey andern Puncten h, h′ unterstüzt ist, unter der Voraussetzung daß die hervorstehenden Theile dh′, ih in eine gerade Linie fallen. Wäre dieses, wie bey ig, dg′, nicht der Fall so würden meistens ungleiche Momente für die drehenden Kräfte entstehen, wenn die Axe in andern Puncten als d und i unterstüzt würde.

Weiß man die Beschaffenheit der Axe bey einem gegebenen Wagebalken nicht, so läßt sich durch folgende Versuche bestimmen, ob und wie viel die Theile der Axe ig, dg′ von der geraden Linie di abweichen. Nachdem der Wagebalken, in d und i unterstüzt, und ins Gleichgewicht gebracht worden ist, rücke man die eine Unterstützung um eine bekannte Länge der Axe ig von i nach g hinaus. Sinkt hierdurch ein Theil z. B. q des Wagebalkens herunter, so liegt ig ausserhalb der geraden Linie di und zwar auf der entgegengesezten Seite des heruntergesunkenen Theiles. Man messe den Neigungswinkel des Wagebalkens, oder um wie viel das Ende p beschweret werden muß, um das Gleichgewicht wieder herzu-

zustellen, woraus sich der Neigungswinkel nach (§. 6.) finden läßt. Durch den Neigungswinkel und die bekannte Einrichtung der Wage ist der Winkel gih gegeben. Ich nehme an Fig. 10 II, sey ein lothrechter Durchschnitt des Wagebalkens durch die Linie pq Fig. 10 I. Es erhellet, daß der Wagebalken nicht eher ruhen könne, bis der Schwerpunct e in einer lothrechten Linie unter die Unterstützung c fällt. Der Wagebalken wird sich daher um den Winkel cef drehen, und es ist $\tan cef = \frac{cf}{ef}$, $cf = ef. \tan cef$, wo ef aus der Einrichtung der Wage gegeben ist. Ferner ist Fig. 10. I $\tan cdf = \frac{cf}{df} = \frac{cf}{\frac{1}{2} di}$ und in dem Dreieck gpi, $gi : di = \text{Sin. } d : \text{Sin. } g$. Folglich die Winkel d und g gegeben, also auch $\angle gih = \angle gdi + igd$. Auf eine ganz ähnliche Weise findet man den Winkel h′dg′, wenn die Axe in i und g′ unterstüzt, und übrigens eben so verfahren wird. Tang cef wird größer, wenn cf wächset und ef abnimmt, ef nimmt ab, wenn die Empfindlichkeit der Wage zunimmt (§. 6.) und cf wächset, wenn di oder die Dicke des Wagebalkens ungeändert bleibt, mit gi und dem Winkel gih, wie aus der Betrachtung der Fig. 10. I. erhellet. Der von einer solchen Beschaffenheit

der

der Axe herrührende Einfluß auf die Ungleichheit der Gewichte nimmt also, bey übrigens gleichen Umständen, mit der Empfindlichkeit der Wage, und der Entfernung der Unterstützungen der Axe von einander, zu. *)

§. 18.

---

*) Anmerk. Ich habe mich durch Erfahrung überzeugt, daß es sehr schwer hält die Axenschneiden, bey einer sehr empfindlichen Wage, mit der erforderlichen Genauigkeit in eine gerade Linie zu bringen, wenn keine besondere Vorrichtung da ist, die dieses erleichtert. Als einen Gedanken zu einer solchen Vorrichtung will ich folgendes angeben. Man verfertige die Axe aus zwei abgesonderten Theilen, welche durch Schrauben auf beyden Seiten des Wagebalkens befestiget werden. Fig. 3 * stellt bey A einen senkrechten Durchschnitt von einem dieser Theile nach der Länge der Axe, und bey B denselben Theil von vornen angesehen vor. Die Axe aa hat einen Ansatz fde, welcher in eine Vertiefung des Wagebalkens fgke eingelassen, und daselbst durch die drei Schrauben ccb′ fest gehalten wird. Damit der Axenschneide aa unter diesen Umständen noch eine kleine Bewegung verstattet ist, so passet der Ansatz fde nicht ganz gedrang in die viereckte Vertiefung des Wagebalkens, und ist überdieß nach allen Seiten hin flach abgerundet. Je nachdem man nun eine der drei Schrauben c, b oder b′ stärker anzieht, wird die Axe aa aufwärts, rechts oder links bewegt werden. Auch wird es vortheilhaft seyn, die auf beyden Seiten des Wagebalkens hervorgehende Theile der Axe etwas

§. 18.

Wäre endlich die Axe zwar gerade, aber nicht wagrecht wie g g′ Fig 10 III, so ruhet die Wage auf einer geneigten festen Ebene, wovon g g′ x den senkrechten Durchschnitt vorstellet. Man zerfälle daher alle, in lothrechten Richtungen, auf die Wage wirkenden Kräfte in je zwei Theile, deren einer, wie ev parallel mit der schiefen Ebene gg′, der andere et senkrecht auf dieselbe sey. Die mit g g′ parallelen Kräfte tragen, wie leicht erhellet, zum Umdrehen des Wagebalkens gar nichts bey, sondern treiben nur die Axe auf ihren Unterstützungen herab, oder bemühen sich, wenn die Friction das Herabtreiben verhindert die Axe in der Ebene g g′ x um den Punct p zu drehen, welches aber, wie ich voraus setze, die Festigkeit der Unterstützungen in g und g′ nicht verstattet. Die auf die Ebene g g′ senkrechten Theile

was lang zu machen, weil man alsdann durch das oben beschriebene Verfahren ihre Abweichung von der geraden Linie eher erkennen wird. Wenn man darauf durch eine besondere Vorrichtung oder durch mechanische Proben die entferntesten Enden der Axe g, g′ mit d f i, so viel möglich, in eine gerade Linie gebracht hat, und man unterstüzt die Wage bey dem Gebrauche in zwei den Puncten d und i näher liegenden Stellen der Axe, so wird der zurück gebliebene Fehler dadurch noch weiter vermindert werden.

Theile der Kräfte sind blos diejenigen, welche den Wagebalken umzudrehen streben. Wenn P das Gewicht des Wagebalkens in dem Schwerpuncte e desselben, p und q die Gewichte der Wageschaalen mit ihren Auflagen, n den Neigungswinkel der schiefen Ebene g g′ x bedeuten, so sind die drehenden Kräfte p. cos. n, q. cos. n, P. cos. n. Das Moment der lezteren wird, für den wagrechten Stand des Wagebalkens, wo der Schwerpunct e in eine lothrechte Ebene durch die Axe fällt, = o, und die Momente der beyden andern Kräfte sind gleich, wenn die Wage gleicharmicht und p = q ist.

Eine solche Abweichung der Axe von der horizontalen Lage hat also weiter keinen nachtheiligen Einfluß auf die Gleichheit der Gewichte p und q, wohl aber auf die Empfindlichkeit der Wage, wegen der Verminderung der drehenden Kräfte, da p. cos. n, q. cos. n. kleiner als p und q sind.

Eben so verhält es sich, wenn blos die auf beyden Seiten des Wagebalkens hervorstehenden Theile der Axe nicht in einer horizontalen Ebene sind. $\text{Tang } n = \frac{gx}{xg}$, wächset, und nimmt ab mit $gx = gh - hx$. Für $gh = hx$ ist $n = o$.

oder

oder wenn beyde Theile der Axe dg', ig gleich lang, und gleich viel gegen die horizontale Ebene nach einer Gegend hin geneigt sind, so verhalten sich die drehenden Kräfte nicht anders, als wenn beyde Theile der Axe in einer horizontalen Ebene lägen. Sind beyde Theile der Axe nach verschiedenen Seiten gegen die horizontale Ebene geneigt, so ist $gx = gh + hx$, und wächset stets mit den Neigungen der beydeu Theile.

Wenn gleich die Axe nach der §. 15. geforderten Bedingung gerade und lothrecht auf die Ebene durch den Schwerpunct des Wagebalkens und die Anhängepuncte der Schaalen wäre, so könnte dieselbe doch auf mancherley Weise gegen den Horizont geneigt werden, unter der Voraussetzung, daß die beyden unterstützenden Pfannen nicht in einer wagrechten Ebene lägen. Diese Betrachtung leitet auf die Frage: welches die beste Gestalt der Pfannen sey? Folgendes wird zur Beantwortung derselben dienen.

§. 19.

Gewöhnlich bestimmt man die Figur der Pfannen so, daß ihr auf die Axe senkrechter Durchschnitt ein Kreiß wird. Man führet als einen Vortheil dieser Einrichtung an: die Schneide der

Axe

Axe werde, wenn sie durch irgend einen Zufall aus der Mitte der Pfannen verrückt worden sey, weil sie sich alsdenn auf einer schiefen Ebene befinde, durch das Gewicht der Wage wieder in die Mitte zurükgeführet. Zugleich verhindere die runde Gestalt der Pfannen, daß die Axe nicht ganz aus denselben heraus kommen, und die Wage dadurch beschädigt werden könne.

Was den ersten Satz betrift, so lehret die Erfahrung, daß die Friction der Wage in den meisten Fällen die einmal verrückte Axe nicht wieder in ihre vorige Lage ganz zurückkehren läßt, und die Absicht des zweiten Satzes kann auch ohne den schädlichen Einfluß, welchen runde Pfannen auf eine sehr empfindliche Wage haben, erreicht werden. Diesen Einfluß gehörig zu beurtheilen, will ich die mancherlei Verrückungen der Axe in runden Pfannen nach der Reihe durchgehen. Man muß hierbey folgende Fälle unterscheiden. Entweder werden beyde Theile der Axe, die sich auf entgegengesezten Seiten des Wagebalkens befinden, aus der Mitte der Unterlagen verrückt, oder nur einer derselben. Der lezte Fall ist einfach, in dem ersten sind aber wieder mehrere besondere Fälle enthalten. Beyde Theile der Axe können

nämlich nach einer, oder nach verschiedenen Seiten aus der Mitte der Unterlagen verrückt werden, und in iedem dieser Fälle entweder gleich viel, oder ein Theil mehr als der Andere. Ich will mit demienigen Falle anfangen, da beyde Theile der Axe, nach einer Seite hin, gleich viel aus der Mitte der Unterlagen verrückt worden sind. Es erhellet, daß alsdenn, wenn die Krümmung beyder Pfannen völlig einerley ist, die Axe auf zweien Elementen einer krummen Fläche ruhe, die beyde gleichviel über die Horizontalebene erhaben, und unter gleichen Winkeln gegen dieselbe geneigt sind. Der Neigungswinkel müßte aus der Natur der krummen Linie, welche dem senkrechten Durchschnitte der Pfanne gleich ist, bestimmt werden. Ich will diesen Neigungswinkel = n setzen. Man denke sich durch die beyden Elementen der krummen Fläche eine Ebene so gelegt, daß sie gegen die Horizontalebene mit den Elementen einerlei Neigungswinkel = n habe. Man kann sich vorstellen die Axe ruhe auf dieser schiefen Ebene in einer Linie, welche der Durchschnitt der schiefen Ebene mit einer horizontalen ist, die durch die Unterstützungspuncte der Axe geht.

Fg, Fig. 11. Tab. II., stelle diese schiefe Ebene vor, c die Unterstützung der Axe, ab den Wagebalken, oder eigentlich eine gerade Linie durch die Aufhängepuncte der Schaalen. P und q sollen hier eben das, wie in (16.), P das Gewicht des Wagebalkens, e seinen Schwerpunct bedeuten. Da die Wage unter diesen Umständen nur so gedrehet werden kann, wie es die Festigkeit der schiefen Ebene fg erlaubt, so zerfälle man alle an der Wage nach der Richtung der Schwere wirkenden Kräfte in zwei Seitenkräfte, wovon die eine senkrecht auf die schiefe Ebene fg, die andere mit ihr parallel wirke. ap, eP, bq mögen die unzerlegten, al, am; et, ev; bs, br; die gehörig zerlegten Kräfte ausdrücken. Ich will das Verhältniß der Kräfte p und q unter der Bedingung suchen, daß sie für einen wagrechten Stand von ab einander das Gleichgewicht halten. Die Kräfte al, et, bs werden die Axe gemeinschaftlich längst der schiefen Ebene fg hinab zu bewegen streben. Geschähe dieses wirklich, so würden blos am, ev, br die Wage nach entgegengesezten Seiten umdrehen, und für den Zustand des Gleichgewichts hat man $am. ac. \text{Sin. } cam + ev. ec. \text{Sin. } cev = br. bc. \text{Sin. } cbr$. In dieser Gleichung setze man, nach den Regeln für die

Zerlegung der Kräfte, für am, ev, br; p. cos. n, P. cos. n, q. cos. n Ferner setze man ac = cb, cap = cbq = a, Sin. cam = Sin (a — n), Sin. cev = Sin. n, Sin. cbr = Sin. (a + n), und die Gleichung verwandelt sich in folgende;

$$ac. p. \cos. n. \text{Sin.} (a - n) + ec. P. \cos. n. \text{Sin.} n =$$
$$= ac. q. \cos. n. \text{Sin} (a + n) \quad (H.)$$

Hieraus q gesucht.

$$q = p. \frac{\text{Sin.} (a - n)}{\text{Sin.} (a + n)} + \frac{ec}{ac}. P. \frac{\text{Sin.} n}{\text{Sin.} (a + n).} =$$

$$= p. \frac{(1 - 2 \cos. a. \text{Sin.} n)}{\text{Sin.} (a + n.)} + \frac{ec}{ac}. P. \frac{\text{Sin.} n}{\text{Sin.} (a + n)} \quad (J.$$

So lang der Winkel a, wie in der Figur, stumpf ist, ist cos. a verneint, und der in der Gleichung (J. in p multiplicirte Factor größer, als 1, oder $q > p$.

Hier hielten also ungleiche Gewichte einander die Wage. Läge der Drehungspunct c in d, so wäre a = R, cos. a = o und aus (J.

$$q = p = \frac{ed}{ad}. P. \frac{\text{Sin.} n}{\text{Sin.} (a + n)} =$$

$$= p + \frac{ed}{ad}. P. \frac{\text{Sin.} n}{\cos. n} = p. + \frac{ed}{ad}. P. \text{tang.} n$$

Die Gerichte wären also auch bey dieser Einrichtung der Wage ungleich, jedoch nicht so stark, wie vorher.

§. 20.

§. 20.

Die Voraussetzung des vorhergehenden Paragraphs: daß blos die auf die schiefe Ebene fg Fig. 11. Tab. II. senkrechten Kräfte die Wage um diese Ebene drehen, würde nur dann statt finden, wenn die mit fg parallelen Kräfte die Axe auf fg ganz ungehindert herab treiben könnten. Ich nehme aber im Gegentheil an, die Reibung verhindere die Axe auf der nur genannten Ebene herabzugleiten. Widerstände die Reibung den Kräften al, et, bs vollkommen so, wie die Festigkeit der Ebene fg den auf sie lothrechten Kräften widersteht, so würden auch die Kräfte al, et, bs, da sie nicht in der Ebene fg, sondern nur mit ihr parallel sind, die Wage um diese Ebene drehen. Und alle auf die Umdrehung der Wage wirkenden Kräfte wären al, am; et, ev; bs, br. Je zwey der nur genannten Kräfte wirken zusammen nicht anders als diejenige Kraft, aus deren Zerlegung sie entstanden sind, und man würde bey dieser Voraussetzung, für den Zustand des Gleichgewichts $p = q$, finden. Das Verhältniß der Kräfte wäre eben so, als wenn die Axe durch eine horizontale Ebene unterstüzt würde. Ich habe mich durch Versuche überzeugt,

daß

daß die Gleichheit der Gewichte p und q nicht mehr statt findet so bald die Axe auf einer geneigten Ebene ruhet. Die Reibung muß daher den ihr entgegen wirkenden Kräften nicht vollkommen so, wie eine feste Ebene widerstehen.

Ich will einige der Erfahrungen, worauf sich diese Behauptung gründet, hier anführen. Ich besitze, von demselben Künstler, welcher die in dem folgenden Abschnitte beschriebene Wage verfertigte, eine größere Schaalwage, auf welcher ich Gewichte von 30 bis 40 Pfunden, und darüber, abwiegen kann. Demungeachtet ist diese Wage so empfindlich, daß der unbeschwerte Wagebalken, der allein 4 Pf. 18 $\frac{1}{8}$ Loth wiegt, halbe und viertheils Grane noch ganz bestimmt angiebt. Aus der Größe des Ausschlagwinkels von 9°, welche an diesen Wagebalken ein Uebergewicht von 64 Richtpfenningstheile *) $= \frac{15}{4}$ Gran Cölln. Markgewicht hervorbringt, habe ich das Verhälltniß von ce: db Fig. 11. bey dieser Wage aus der Gleichung C.) §. 5 berechnet, und ec $=$ $\frac{1}{1447}$ db gefunden. Der Unterstützungspunct c

*) Anmerk. Ich bediene mich gewöhnlich der Richtpfenningstheile zum Abwiegen deren 256 = 16 Gran Cöln. ausmachen.

c liegt, wie ich mich ebenfalls durch Versuche, die nach §. 10. Anmerk. angestellet wurden, überzeugt habe, so nahe bey d, daß cd völlig für o zu rechnen ist. Ich nehme daher ec = de = $\frac{1}{1447}$ db an. Die Axe des Wagebalkens ist eine stählerne Schneide, und ruhet auf zwei kreißförmigen Pfannen von gehärtetem Stahl. Fig. 18. mag eine der Pfannen vorstellen. Ich verrückte beyde Theile der Axe aus der Mitte a nach b, so weit als es die Friction verstattete; Der Bogen ab betrug $\frac{5}{27}$ vom Durchmesser der Pfannen. Daraus findet sich $\angle$ acb = 8°. Aus der Betrachtung der Figur erhellet, daß $\angle$ bed = $\angle$ acb. Die Axe ruhete also auf einer um 8° gegen den Horizont geneigten Ebene. Der Theil a des Wagebalkens sank, und ich mußte auf die Seite b 32 Richtpfenningstheile zulegen, um das Gleichgewicht wiederherzustellen. Aus der Gleichung J.) hat man hier $q = p + \frac{1}{1447}$ P. tang. 8°. Sezt man für P das oben angegebene Gewicht des Wagebalkens, so findet man q = p + 57 Richtpfenningstheile. Der durch den Versuch gefundene Unterschied der Gewichte verhält sich zu dem durch Rechnung bestimmten wie 4 : 7

In dem folgenden Versuche hatte ich die Axe des Wagebalkens, aus ihren Pfannen heraus

auf

auf zwei eben geschliffene Achatplättchen gebracht. Die Reibung war hier so viel geringer, daß ich die Achatplättchen nicht über 4° gegen den Horizont neigen durfte, wenn die Axe nicht auf den Plättchen herabgleiten sollte. Der Versuch gab unter diesen Umständen $q = p + 23$ Richtpfth die Rechnung $q = p + 28$ — — — Hier kommt also der Unterschied der Gewichte nach dem Versuche, mit dem nach der Rechnung, sehr nahe überein.

Beyde Versuche beweißen, wie ich glaube, hinlänglich, daß die Formeln des 19ten § s nicht allgemein die Größe in der Ungleichheit der Gewichte angeben, wenn die Axe auf einer geneigten Ebene ruhet. Diese Ungleichheit wird, alles Uebrige gleichgesezt, größer oder kleiner ausfallen, ie nachdem die Reibung der Axe auf den Unterlagen kleiner oder größer ist. Doch geben iene Formeln die Grenze an, welche die Ungleichheit der Gewichte niemals überschreiten kann. Da nach der gewöhnlichen Einrichtung der Wagen der Winkel $a =$ Rect. oder doch nur wenig davon verschieden ist, so wird man den ersten Theil der Formel J.) meistens $= p$ setzen können, und die Ungleichheit der Gewichte wird blos durch

den

den zweiten Theil der Formel ausgedruckt. Das heißt, sie wächset nicht mit den Beschwerungen der Wage, sondern nimmt vielmehr, wegen der dadurch vermehrten Reibung der Axe, nach den obigen Versuchen ab. Nur bey kleineren Gewichten, die gewöhnlich scharff bestimmt werden sollen, wird jene Ungleichheit in Betrachtung kommen.

§. 21.

Sollten, unter der Voraussetzung, für welche die Formeln des 19 §s genau wahr sind, gleiche Gewichte, wenn die Axe auf einer schiefen Ebene ruhet, einander die Wage halten, so müßte ab Fig 11. auf der Seite von a um den Winkel n unterwärts gedrehet werden. Die punctirten Linien der Figur bedeuten diese Stellung der Wage. Alsdann ist $ca'p' = a + n$, $ce'P = 2R - n$, $cb'q' = a - n$. Zerlegt man nun $a'p'$, $b'q'$, $e'P'$ eben so wie ap, bq eP; so werden $ca'm' = a' - n = a + n - n = a$, $cb'r' = b' + n = a - n + n = a$, $ce'v' = 2R - n + n = 2R$. Daher $q = p \frac{\text{Sin. } a}{\text{Sin. } a} + o = p$.

§. 22.

Ich betrachte nun denjenigen Fall, da blos der eine Theil der Axe aus der Mitte der Pfannen

nen verrückt worden ist. Fig 19 stellt diesen Fall nach einer perspectivischen Zeichung vor. a und c sind die Mitten der beyden gegeneinander über liegenden Pfannen. Die Axe a b ist hier gegen eine Horizontal — so wohl als Verticalebene, die beyde durch die Mitte der Pfannen gelegt würden, geneigt. a c d sey eine solche horizontale Ebene durch die Mitte der Pfannen, a d b hingegen eine verticale durch die Axe a b. Die 12te Figur stellt diese beyden Ebenen etwas größer gezeichnet dar. Dieselben Buchstaben bezeichnen in Fig 19. und Fig. 12. einerlei Sachen. b a d ist also der Neigungswinkel der Axe mit der horizontalen Ebene a c d. Das Ende b der Axe, ruhet auf einem geneigten, und das Ende a auf einem horizontalen Elemente der krummen Flächen der Pfannen.

Es erhellet wohl von selbst, daß die Wage weder um das eine, noch das andere dieser Elementen frei gedrehet werden könne. Um hier diejenige Ebene zu finden auf welcher die Axe gedrehet wird, die ich der Kürze wegen die Ebene der Unterstützung heißen will, stelle man sich anfänglich vor, das höher liegende Ende b der Axe ruhe, so wie a, auf einem horizontalen Elemente. Man denke

sich

sich ferner in beyden horizontalen Elementen die Perpendicularlinien al, bk auf die Axe ab gezogen, und durch dieselben die Ebene hbal gelegt. Diese Ebene wird unter der obigen Bedingung die Ebene der Unterstützung für die Axe seyn. Sie macht mit der horizontalen Ebene durch die Mitte der Pfannen den Neigungswinkel bad, welcher dem Neigungswinkel der Axe gleich ist. Er heiße v. Um das Verhältniß der drehenden Kräfte zu finden, zerlege man alle nach der Richtung der Schwre auf die Wage wirkenden Kräfte in je zwei Theile, wie eo, en, wovon der eine mit der Ebene hbal parallel, der andere senkrecht auf dieselbe ist. Die parallelen Theile p. Sin. v, q. Sin. v, P. Sin. v tragen nichts zur Umdrehung der Wage bey, sondern treiben gemeinschaftlich die Axe ab längst der Richtung ba herab, oder drehen, wenn dieses nicht angeht, dieselbe um a. Die drehenden Kräfte p cos. v, q cos. v, P cos v. halten einander das Gleichgewicht, wenn p cos. v = q cos v d. i. p = q ist, weil das Moment für P. cos. v = o, indem en selbst lothrecht auf der Axe ist.

Der Fall, worinn sich unter diesen Umständen die Wage befindet ist einerlei mit dem, wenn

die

die Axe in einer verticalen Ebene von der geraden Linie abweicht (§ 18). Nun ruhet zwar das Ende b der Axe auf einem geneigten Elemente, welches den mit en parallelen Kräften nicht so, wie die feste Ebene hbal widerstehen kann. Indessen erhellet, daß, wenn die Reibung zwischen dem Ende b und seiner Unterstützung das völlig ersezte, was dem Widerstande der Unterstützung abgeht, die Wage alsdenn gerade so wie auf der festen Ebene hbal umgedrehet werden würde. Blos die Erfahrung kann bestimmen wie stark die Reibung widersteht. Um indessen wenigstens die Grenze zu finden, welche die Ungleichheit der Gewichte bey einer solchen Verrückung der Axe nicht übersteigen kann, so will ich voraussetzen, es finde zwischen dem Elemente b und seiner Unterstützung gar keine Reibung statt. Da die Ebene der Bewegung von den, die Wage umdrehenden, Kräften lothrecht auf der Axe ab (§. 18.) seyn muß, so ziehe man in dem geneigten Elemente b der krummen Pfanne auf die Axe ab die Perpendicularlinie fg, und lege durch dieselbe und die Axe ab eine Ebene bag. Dieß wird eigentlich die Ebene der Unterstützung für die Axe in dieser Lage seyn. Der Neigungswinkel gbh der Ebenen gbh, hbal, welche sich gemeinschaftlich in

der Axe ab schneiden, heiße n. Man zerlege iede der Kräfte p. cos v, P. cos v., q. cos v in zwei andere p. cos v. Sin n, p. cos v. cos n, q. cos v. Sin n, q. cos v. cos n; P. cos v. Sin n, P cos v. cos n. Blos die mit cos n multiplicirten Kräfte, als dieienigen, welche auf die Ebene der Unterstützung abg senkrecht sind, drehen die Wage um diese Ebene. Wenn ap, ep, bq Fig 11. die Kräfte p. cos v, P. cos v, q. cos. v, und fg die Ebene abg fig. 12 vorstellet, so findet man für den Zustand des Gleichgewichts die Momente und das Verhältniß der drehenden Kräfte gerade so wie §. 19.

$$\text{Also } q = p.\frac{\text{Sin}\,(a - n)}{\text{Sin}\,(a + n)} + \frac{ec}{ac}.P.\frac{\text{Sin}\,n}{\text{Sin}\,(a + n)}$$

Nur muß man unter n hier nicht den Neigungswinkel der Ebene abg mit der horizontalen durch die Mitte der Pfannen, sondern mit der Ebene hbal verstehen.

§. 23.

Man lasse die Ebene hbal, an welcher abg unter dem Winkel n befestiget sey, sich um die Linie al wie um eine unbewegliche Axe drehen, so lange bis sie mit der horizontalen Ebene durch die Mitte der Pfannen zusammen fällt. Alsdenn

wird

wird abg eine unter dem Winkel n gegen den Horizont geneigte Ebene seyn. Die die Wage um abg drehenden Kräfte müssen sich also zu den um hbal drehenden eben so verhalteu, wie die Kräfte, welche die Wage auf einer unter dem Winkel n gegen den Horizont geneigten Ebene drehen, sich zu denen verhalten, die sie auf der horizontalen Ebene drehen. Diese Betrachtung bestättiget die Wahrheit der im vorhergehenden Paragraph gefundenen Gleichung zwischen p und q.

§. 24.

Um den Winkel n zu bestimmen wird in diesem Falle eine etwas weitläufige Rechnung erfordert. Man muß zuerst die Lage und Neigung der Linie fg gegen die Horizontalebene, hieraus, und aus der bekannten Neigung von ab und der Ebene abh, beyder Ebenen abh, afg Neigung unter sich bestimmen.

Ohne die Rechnung selbst anzustellen, sieht man aus der vorhergehenden Betrachtung, daß eine solche Verrückung der Axe bey krummen Pfannen der Empfindlichkeit so wohl, wie der Genauigkeit der Wage nachtheilig seyn müsse. Denn die drehenden Kräfte p. cos v. cos n, q. cos v. cos. n, P. cos. v. cos. n nehmen ab, wenn v

und

und n wachsen, und die Ungleichheit der Gewichte zwischen p und q nimmt mit n zu. (*)

§. 25.

---

*) Für dieienigen meiner Leser, welche eine etwas zusammenhängende Trigonometrische Rechnung nicht scheuen, will ich, unter der Voraussetzung, daß die Gestalt der Pfannen kreißförmig sey, die Größe der Winkel v und n zu bestimmen suchen.

Die horizontale Entfernung von der Mitte einer Pfanne zur Mitte der andern oder ac heiße = a. Ich nehme an beyde Pfanne seyen lothrecht, und unter rechten Winkeln mit der Linie ac aufgerichtet. C sey der Mittelpunct der einen Pfanne, ihr Halbmesser Cc = r. Der Winkel bCc, um welchen die Axe aus der Mitte der Pfanne verrükt worden ist, sey = C. Die lothrechte Höhe des Punctes b über die horizontale Ebene adc = bd = yc ist = r Sin. vers. C, für den Sinus Totus = 1, und die Entfernung der lothrechten Ebene durch die Axe abd von der Mitte der Pfanne oder cd = by = r Sin. C. Man denke sich an das Element b der kreißförmige Pfanne eine berührende Ebene Fbg gelegt. Ihr Durchschnitt Fg mit der horizontalen Ebene durch die Mitte der Pfannen wird mit ac parallel, und ihr Neigungswinkel bed wegen der kreißförmigen Gestalt der Pfannen (§. 20.) = < C seyn. In der Ebene fbg sey die Linie Fb unter einem rechten Winkel mit der Axe ab gezogen, ihre Verlängerung treffe die horizontale Ebene durch die Mitte der Pfannen in g, man sucht die Lage und Größe der Linie bg, welche y heißen soll?

Der

§. 25.

Ich will nun den Fall betrachten, wenn beyde Theile der Axe gleich viel, aber auf entgegengesezte

---

Der Punct g dieser Linie, wird, weil er zugleich in der horizontalen — und der Ebene fbg seyn soll, in beyder Ebenen Durchschnitt fg liegen. Da ferner bed der Neigungswinkel der Ebene fgb mit der horizontalen ist, so ist beg ein rechter Winkel. Wüßte man also in dem rechtwinklichten Dreiecke beg die Linie be und den Winkel ebg, so wäre dadurch sowohl die Lage als Größe von bg = y gegeben.

be ist die Hypothenuse des rechtwinklichten Dreiecks bed, worinnen bd = r. Sin. verſ. C. und < bed = C gegeben sind, man hat also Sin. C : 1 = bd : be =

$$r. \frac{\text{Sin. verſ. C}}{\text{Sin. C}}$$

Um den Winkel ebg zu finden, verfahre man folgendermaßen. Von a aus fälle man ein Loth aq auf die Ebene fbg. Das Loth wird die nur genannte Ebene in einem Punkte q unter fg, ihrem Durchschnitte mit der horizontalen, treffen, weil ich voraussetze, daß die Ebene fbg nach der Seite von ac unter einem stumpfen Winkel bec gegen die horizontale Ebene durch die Mitte der Pfannen geneigt sey. Denn, weil ab in der Ebene abg mit bg, beyder Ebenen abg, fbg gemeinschaftlichen Durchschnitte, einen rechten Winkel macht, so ist qba der Ebenen fbg, abg Neigungswinkel, folglich auf beyde, und ihren ge-

gesezte Seiten aus der Mitte der Pfannen verrückt worden sind. Da die beyden Pfannen gleich und

---

gemeinschaftlichen Durchschnitt bg senkrecht, also auch qbg = Rect. Man fälle von a auf fg in der horizontalen Ebene das Perpendickel af, und ziehe in der geneigten Ebene fbg die Linie fq, so ist afq der nur genannten Ebenen Neigungswinkel = pec. Ferner ziehe man pc parallel mit qa, also lothrecht auf fbg, so ist $\triangle$ epc = $\triangle$ fqa weil ec, fa als Parallelen zwischen Parallelen gleich, und $\angle$ qfa = $\angle$ pec, $\angle$ fqa = $\angle$ epc sind.

Auch ist qp = fe = ac und man hat in dem rechtwinklichten Dreiecke bpq bp: qp = 1: tang qbp $= \frac{qp}{bp}$

Die Dreiecke bed, pec sind einander gleich, weil bey e Scheitel —, bey d und p rechte Winkel, und eb = ec sind. Denn bp, dc sind beyde Tangenten an dieselbe kreißförmige Pfanne von c und b ausgezogen, die sich einander in e schneiden, also die abgeschnittenen Stücke be, ec einander gleich. Da ferner, wegen der Gleichheit der Dreiecke ep = ed, so ist auch ec + ed = dc = be + ep = bp = r Sin. C. Man hat nun aus dem Dreiecke qbp

$$\text{tang}\ qbp = \frac{qp}{bp} = \frac{a}{r.\ \text{Sin}\ c} = \text{cot.}\ pbg =$$

tang cda = cot dac, wie aus der Betrachtung des rechtwinklichten Dreiecks adc, worinnen dc = r. Sin. C, ac = a, adc = Rect

D ist,

und ähnlich angenommen werden, so wird die Axe in diesem Fall an beyden Enden gleich hoch über

---

ist, erhellet. Der Winkel pbg ist also dem Winkel dac gleich, und das Dreieck adc dem Dreieck beg ähnlich. Daher ac: ad = = eb: (bg = y); ad = $\sqrt{ac^2 + dc^2}$ = = $\sqrt{a^2 + r^2 \text{ Sin. } C^2}$, und y = $\frac{ad\, eb}{ac}$ =

$$= \frac{r \text{ Sin. verf. } C. \sqrt{(a^2 + r^2 \text{ Sin. } C^2}}{a \text{ Sin. } C} =$$

$$= \frac{2r. \text{ Sin. } \tfrac{1}{2} C^2. \sqrt{a^2 + r^2 \text{ Sin. } C^2}}{a \text{ Sin. } C}$$

Nachdem y bekannt ist, so wird es iezt nicht mehr schwer fallen den Winkel v, und vermittelst desselben und y auch den Winkel n zu bestimmen. v bedeutet, wie bereits im Texte erinnert worden, den Neigungswinkel bad der Axe ab mit der horizontalen Ebene, und man hat in dem Dreiecke bad ad: db = 1: tang. v =

$$\frac{db}{ad} = \frac{r \text{ Sin. verf. } C}{\sqrt{a^2 + r^2 \text{ Sin. } C^2}} =$$

$$= \frac{2 r \text{ Sin. } \tfrac{1}{2} C^2}{\sqrt{a^2 + r^2 \text{ Sin. } C^2}}$$

Um den Winkel n = gbh zu finden, sey al der Durchschnitt der Ebene abh mit der horizontalen; er wird parallel mit der Linie bh seyn, weil diese parallel mit dem Horizonte und zugleich in einer Ebene mit al ist. Nun ziehe man von g auf bh in der Ebene gbh das Perpendickel gi, und

über die horizontale Ebene durch die Mitte der Pfanne erhaben, also selbst horizontal seyn.

D 2 Wären

---

und von i auf bh in der Ebene abhl das Perpendickel il, so ist die Ebene gil auf beyder Ebenen abhl, hbg gemeinschaftlichen Durchschnitt bh senkrecht, sie ist also beyder Ebenen Neigungsebene. Dieselbe Ebene gil ist auch auf al, welche der bh parallel ist, senkrecht, das heißt, auf den Durchschnitt der horizontalen Ebene mit der Ebene abh, also auch dieser Ebenen Neigungsebene. Man fälle von i auf lg das Perpendickel ik, so ist dasselbe lothrecht auf den Horizont, und das Dreieck ilk = dem Dreiecke bad, und die Winkel gleichen Namens gleich, und = v; die Linie il = ab. In dem Dreiecke lig ist der Winkel lig = Rect, weil ig, als der gemeinschaftliche Durchschnitt zweier auf die Ebene abh lothrechten Ebenen gil, bgi, auf die ganze Ebene abh, also auch auf il in dieser Ebene lothrecht steht. Man hat daher aus dem Dreiecke lig $1 : \text{tang}\,(ilg = v) = li : ig$ und $ig = li.\ \text{tang}\,v = ab\ \text{tang}\,v$; $ab = \sqrt{ad^2 + db^2} = \sqrt{ac^2 + dc^2 + db^2} = \sqrt{(a^2 + r^2\ \text{Sin}\ C^2 + r^2\ \text{Sin verf.}\ C^2)}$, für Sin verf. $c = 1 - \text{cof.}\ c$ geschrieben, giebt $ab = \sqrt{a^2 + 2r^2 - r^2 \text{cof} C} = \sqrt{a^2 + 2r^2 (1 - \text{cof.} C)} = \sqrt{a^2 + 2r^2\ \text{Sin verf.}\ C.}$) Daher $ig = \text{tang}\,v \sqrt{(a^2 + 2\,r^2\ \text{sin verf.}\ C)}$.

Aus dem Dreiecke gbi hat man

$1 : \text{Sin}\,(gbi = n) = bg : gi$ also $\text{Sin.}\,n = \frac{gi}{bg} = \text{tang}\,v.\ \frac{\sqrt{a^2 + 2\,r^2\ \text{Sin verf.}\ C,}}{y}$

und

Wären auch die beyden unterstützenden Elementen wagrecht, so würde weiter keine Veränderung vor=

---

und für tang v und g die im vorhergehenden bestimmten Werthe gesezt giebt endlich,

$$\text{Sin n} = \frac{\text{r Sin vers. C}}{\sqrt{(a^2 + r^2 \text{ Sin C}^2)}} \cdot$$

$$\cdot \frac{\sqrt{(a^2 + 2\,r^2 \text{ Sin vers. C})}.\ \text{a Sin C}}{\text{r Sin vers. C}.\ \sqrt{a^2 + r^2 \text{ Sin C}^2)}} =$$

$$= \frac{\text{a Sin C}.\ \sqrt{a^2 + 2\,r^2 \text{ Sin vers. C}}}{a^2 + r^2 \text{ Sin C}^2} =$$

$$= \frac{\text{a Sin C}.\ \sqrt{a^2 + 4\,r^2 \text{ Sin } \tfrac{1}{2}\text{ C}^2}}{a^2 + r^2 \text{ Sin C}^2}$$

Ich will diese Rechnung durch ein Exempel erläutern.

Nachdem ich mit der §. 20. beschriebenen Wage den dort erwähnten Versuch angestellt hatte, so brachte ich das eine Ende der Axe wieder in die Mitte der Pfanne zurük, das andere Ende ruhete noch auf demselben um 8° gegen den Horizont geneigten Elemente. Der Winkel C war also = 8°, die Weite der beyden Pfannen von einander = a war = 115, r oder der Halbmesser, der Pfannen = 36. Tausendtheile eines halben pariser Fußes. Hieraus findet man n =

$$\frac{115.\ \text{Sin } 8^\circ.\ \sqrt{115^2 + 144.\ \text{Sin } 4^{\circ 2}}}{115^2 + 36^2 \text{ Sin } 8^{\circ 2}}$$

Nach gehöriger Rechnung n = 7°, 59′, 10″ also nur um 50″ von 8° unterschieden. Die Un=

vorgegangen seyn, als daß sich nun die Wage in einer andern lothrechten Ebene auf und nieder bewegte. Das Verhältniß und die Wirkung der bewegenden Kräfte würden noch eben dieselben seyn, als wenn die Axe in der Mitte der Pfannen ruhete. Nun sind aber beyde unterstützenden Elemente nach entgegengesezten Seiten unter gleichen Winkeln gegen den Horizont geneigt. Man ziehe in iedem Elemente das Perpendickel bg, ah auf die Axe ab Fig. 13., und lege durch diese Perpendickel, und die Axe die Ebenen abg, bah. Es sind dieses gewissermaßen die Ebenen der Unter.

Ungleichheit in den Gewichten p und q hätte daher hier beynahe eben so (§. 22.), wie in dem §. 20. beschriebenen Versuche gefunden werden müssen. Sie betrug aber nur 28 Richtpfenningstheile, statt daß sie dort 32 Richtpfenningstheile war.

Dieser Unterschied kann von einer Verschiedenheit in der Reibung der Axe bey beyden Versuchen herrühren, welche sich, wie schon erinnert, nicht wohl in Rechnung bringen läßt. Doch fand ich bey einem andern Versuche wo der Wagebalken ausser seinem eignen Gewichte noch mit 1 Pf. auf ieder Seite beschweret war, sowohl wenn die Axe nur an einem, als wenn sie an beyden Enden um 8° aus der Mitte der Pfannen verrükt wurde 24 Richtpfenningstheile Ungleichheit in den Gewichten.

terstützung für die Enden a und b der Axe. Wenn nämlich blos b auf einem geneigten, a auf einem horizontalen Elemente ruhete, so würde nach §. 22. abg die Ebene der Unterstützung seyn. Wäre hingegen blos das zu a gehörige Element geneigt, das zu b gehörige horizontal, so wäre bah die Ebene der Unterstützung.

Die Neigungswinkel beider Ebenen mit der horizontalen durch die Axe ab sind einander gleich, aber entgegengesezt. Ich heiße ieden $=$ n.

Für die erste Voraussetzung hat man nach (§. 22.), a $=$ Rect. angenommen, $q = p + \frac{ec}{ac}$ tang n für die zweite Voraussetznng $q = p - \frac{ec}{ac}$ tang. n.

Da hier beyde unterstützende Elemente zugleich geneigt sind, so müßten beyde Formeln zugleich wahr seyn, welches für ieden andern Fall, als den, wo die Ungleichheit in den Gewichten $=$ o ist, ungereimt seyn würde. Es muß also hier $p = q$ seyn. Die Wage wird hier eben so, wie auf einer horizontalen Unterstützung umgedrehet. Nur wird die Axe, wenn es anders die Friction nicht verhindert, durch die Kräfte p Sin n, q Sin n, P Sin n auf den Elementen bey

a

a und b herabgetrieben. Die drehenden Kräfte sind alsdenn p. cos n, q. cos n, P. cos n und die Empfindlichkeit der Wage ist durch diese Verschiebung der Axe in dem Verhältnisse von 1 : cos. n vermindert worden. Wie der Winkel n für kreißförmige Pfannen bestimmt werde, habe ich in untenstehender Anmerkung gewiesen. *)

Die

---

*) Anmerk. Die Auflösung des zweyten Falles §. 24. Anmerkung wird auch zu dieser Auflösung den Weg bahnen. Vorerst erhellet, daß, wegen der horizontalen Lage der Axe ab, (Fig. 13.) tang. v oder die Tangente des Neigungswinkels der Axe gegen den Horizont = o seyn wird. Auch wird die Ebene abhl Fig. 12. mit der horizontalen parallel, und ihr Neigungswinkel gbi mit der Ebene der Unterstützung abg dem in dem Texte mit n bezeichneten Winkel gleich seyn. Dieser Winkel würde aus dem rechtwinklichten Dreiecke bgi bekannt seyn, wenn man darinnen bg = y, und gi wüßte.

gi ist aber in diesem Falle = bd = r Sin vers. C, weil beyde Linien Lothe zwischen zwey horizontalen Ebenen sind, wovon die eine Ebene durch die Mitte der Pfannen, die andere durch die Axe geht. Um bg oder y zu finden verfahre ich folgendermaßen. aq sey ein Loth von dem Ende der Axe a auf die, die Pfanne in b berührende, Ebene. Ferner sey bφ in dieser Ebene parallel mit dem Horizonte, und qφ perpendikular auf bφ. Auch seyen von q nach b, von a nach

φ

Die Erfahrung hat meine bisherigen Schlüsse bestättiget, dem als ich die Axe des §. 20. be-

schrie-

φ gerade Linien gezogen. Vermöge der Auflösung des zweiten Falles ist $qbg = qbe + ebg =$ Rect und weil $eb\varphi = ebg + qb\varphi$ ebenfalls = Rect, indem $b\varphi$ auf der Ebene der Pfannen lothrecht steht, so ist $qb\varphi = ebg$. Das Dreieck $aq\varphi$ liegt vermöge der Construction ganz in der Ebene der Pfanne, worinn sich a befindet. Fig. 13. * stellt dieses Dreieck mit der Pfanne besonders vor.

$a\varphi q$ ist $= \angle C$, $a\varphi = 2r.\,\mathrm{Sin}\,C$ und $q\varphi = 2\,r\,\mathrm{Sin}\,C.\,\mathrm{cos}\,C = r.\,\mathrm{Sin}\,2\,C$. In dem rechtwinklichten Dreiecke $q\varphi b$ Fig 12. ist also $q\varphi$ und $\varphi b = ac = a$ bekannt, hieraus findet man,

$$\mathrm{tang}\,qb\varphi = \mathrm{tang}\,ebg = \frac{q\varphi}{b\varphi} = \frac{r\,\mathrm{Sin}\,2\,C}{a},$$

$$\mathrm{Sec}\,ebg = \frac{\sqrt{a^2 + r^2\,\mathrm{Sin}\,2\,C^2}}{a}$$

$$\mathrm{cos}\,ebg = \frac{1}{\mathrm{Sec}\,ebg} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2\,\mathrm{Sin}\,2C^2}}$$

Endlich hat man aus dem rechtwinklichten Dreiecke ebg, worinnen eb eben das, wie in der Auflösung des zweilen Falles bedeutet, also $= \frac{r.\,\mathrm{Sin\,vers.}\,C.}{\mathrm{Sin}\,C.}$ ist,

bg

schriebenen Wagebalkens an beyden Enden um 8° nach entgegengesezten Seiten aus der Mitte der Pfannen verschob, so wurde das Gleichgewicht des Wagebalkens dadurch nicht verstöret.

§. 26.

Es sind noch die Fälle zu betrachten übrig, da beyde Enden der Axe, das eine mehr als das andere

---

$$bg = y = \frac{\text{cosin. } ebg}{eb} = \frac{r.\,\text{Sin vers. } C \sqrt{a^2 + r^2 \,\text{Sin } 2\,C^2}}{a.\,\text{Sin } C}$$

Folglich aus dem Dreieck bgi Sin bgc =

$$\text{Sin } n = \frac{gi}{y} = \frac{r.\,\text{Sin. vers. } C}{\frac{r\,\text{Sin vers. } C \sqrt{a^2 + r^2 \,\text{Sin } 2C^2}}{a\,\text{Sin } C}}$$

$$= \frac{a\,\text{Sin } C}{\sqrt{a^2 + r^2 \,\text{Sin } 2\,C^2}}$$

Wäre C = 10° oder die Axe um so viel Grade auf entgegengesezte Seiten aus der Mitte der Pfannen verschoben worden, und a = 1, r = ½ so wäre $\text{Sin } n = \frac{\text{Sin } 10°}{\sqrt{1 + \frac{1}{4}\,\text{Sin } 20°^2}}$.

Dieß giebt n = 9° 51′; cos n = 0,98526.

Mit der lezten Zahl die absoluten Kräfte der Wage multipliciret, giebt die drehenden Kräfte. Folglich ist die Empfindlichkeit der Wage durch diese Verschreibung um 0,01474 vermindert worden.

dere, entweder nach einer, oder nach verschiedenen Seiten aus der Mitte der Pfannen verrückt sind. Es erhellet, daß hier die beyden Enden der Axe auf zwey verschiedentlich gegen den Horizont geneigten Elementen der Pfannen ruhen. Jedes Ende wird auf seiner Unterstützung, aber beyde mit verschiedener Kraft, herabzugleiten streben.

Es möchte hier sehr schwer fallen die Ebene der Unterstützung für die Axe mit Gewißheit anzugeben. Da überdieß die Rechnung, wie oben erinnert worden, nur die Grenze für die Ungleichheit in den Gewichten bestimmt, so begnüge ich mich für diese Fälle mit folgenden Bemerkungen. Wenn beyde Theile der Axe nach einer Gegend aus der Mitte der Pfannen verrückt worden sind, der eine Theil aber mehr als der andere, so wird diese Verschiebung der Axe zwischen die §. 19. und §. 22. betrachteten Verschiebungen hineinfallen. Die Ungleichheit in den Gewichten wird weniger betragen als wenn beyde Enden der Axe so viel, als das weiter verrückte aus der Mitte der Pfannen gekommen, und mehr als wenn das eine Ende gar nicht verschoben wäre.

Da nun diese beyden Grenzen nach §. 24. Anmerkung selbst einander so nahe liegen, so kann man annehmen, die Ungleichheit in den Gewichten betrage, wenn beyde Theile nach einer Gegend

gend aus der Mitte der Pfannen gekommen sind, iedesmal so viel als ob die Axe in beyden Pfannen, so weit als ihr am meisten verschobenes Ende aus der Mitte gekommen sey. Sind die beyden Theile der Axe nach entgegengesezten Seiten, aber ungleich viel, verrückt, so wird die Ungleichheit in den Gewichten größer wie §. 25. und kleiner wie §. 22. gefunden werden. Die Ungleichheit der Gewichte wächset und nimmt ab mit dem Unterschied in der Größe der Verschiebung von beyden Theilen der Axe, und wird = 0 wenn dieser Unterschied verschwindet.

§. 27.

Vergleicht man die untersuchten Fälle mit einander, so ergiebt sich, daß iede Verschiebung der Axe immer die Empfindlichkeit, und meistens auch die Genauigkeit der Wage vermindere, wenn die Pfannen eine krumme Gestalt haben.

Man kann daher als einen Grundsatz annehmen: daß eine ebene wagrechte Fläche die beste Gestalt seye, welche man den Pfannen einer sehr empfindlichen Wage geben könne.

Um zu bewerkstelligen daß die Axe auf einer solchen wagrechten Unterstützung nicht so leicht herunter falle, könnte man etwa an beyden Enden der Pfannen zwey schief liegende Wände ad, bc

Fig.

Fig. 14. in die Höhe gehen lassen. Nur müßte der Raum a b nicht zu schmal seyn, damit eine kleine Verrückung der Axe dieselbe nicht sogleich an eine der beiden Wände versezte, weil sonst wieder derselbe Fehler wie bey runden Pfannen eintreten würde. Wir wollen nun sehen wie die bisherigen Vorschriften bey der Wage, deren Beschreibung izt folgt, erreicht worden sind.

IIter Abschnitt.

Beschreibung der Wage.

§. 28.

Die erste Figur Tab. II. stellet den Grundriß der Wage, oder eigentlich ihres Fußgestelles, die zweite Figur Tab. I. einen senkrechten Durchschnitt mitten durch die ganze Länge des Wagebalkens und das Gestell vor. Vergleicht man beyde Figuren mit einander, so wird man sich einen richtigen Begriff von dem äusseren Ansehen der ganzen Wage machen können. Zur besseren Verständlichkeit der Zeichnungen erinnere ich einmal für allemal, daß beyde Figuren alle Theile nach der Hälfte

Hälfte ihrer natürlichen Größe vorstellen, und alles, was blos, durch punctirte Linien angedeutet ist, sich ausserhalb der Ebenen der Durchschnitte von beyden Figuren befinde. Auch sind so viel möglich dieselben Theile in beyden Figuren mit einerlei Buchstaben bezeichnet worden.

§. 29.

ABC Fig. 1 und AA Fig. 2. ist eine messingene eben abgeschliffene Platte, welche der ganzen Wage zur Unterstützung dienet. Sie selbst ruhet bey e, e, e, auf drei stählernen Schrauben, und kann dadurch, mit Hülfe einer Weingeist-Libelle, sehr leicht genau horizontal gestellt werden. Damit die Platte bey ihrer beträchtlichen Länge nicht so leicht gebogen werden könne, so ist an dieselbe von unten ein starker eiserner Stab BB Fig. 2. angeschraubt.

Die Breite dieses Stabes, welche die Zeichnung nicht angibt, beträgt etwa $\frac{1}{4}$ eines pariser Zolles.

§. 30.

Auf diese Fußplatte sind drei viereckigte prißmatische Stäbe von Eisen aa, bb, cc Fig. 2. senkrecht aufgerichtet, und, damit sie unveränderlich in dieser Stellung erhalten werden, unten mittelst kreißrunder messingener Ansätze auf die

die Platte AA festgeschraubt, oben aber durch einen messingenen Spannbogen abc unter einander verbunden. Die drei messingenen Knöpfe bey abc sind nicht bloße Verzierungen, sondern Schrauben, wodurch der Spannbogen auf die Stäbe befestigt ist. Der mittelste, etwas zurükgesezte, Stab bb trägt auf einem hervorspringenden Arme von Messing, den Fig. 4. bey *R*RR in der natürlichen Größe vorstellet, die Unterstützung des Wagebalkens. Der Arm R ist so lang, daß die Mitte dieser Unterstützung, also auch die Ebene der Bewegung des Wagebalkens, in eine über der Linie ac (Fig. 1.) senkrecht aufgerichtete Ebene fällt. Die äusseren Stäbe tragen beyde die Unterstützungen für die Wagschaalen tt, tt, und überdieß der eine cc den messingenen Gradbogen DD, der andere aa die stählerne Schneide r.

§. 31.

Nach dieser kurzen Darstellung des Baues im allgemeinen gehe ich zur genauern Beschreibung der einzelnen Theile über. Den Wagebalken, als den wesentlichsten Theil des Ganzen, stellet die dritte Figur von der Seite gesehen, in der natürlichen Größe vor. Er ist achteckigt, von der Mitte aus nach den Enden hin gleichviel verjüngt, und, die Theile hgfi zu beyden Seiten

aus-

ausgenommen, durchgehends von Eisen gearbeitet. Seine beyden Aerme stellen, wenn man die bogenförmige Anläufe bey dddd in der Mitte, und die kreißförmigen Flaschen qq an den Enden nicht mitrechnet, zwey gleiche und ähnliche achteckigte abgestuzte Pyramiden vor. Das Verhältniß der Veriüngung von beyden Aermen ersiehet man hinlänglich, aus dem Längen-Profil des ganzen Wagebalkens Fig. 2., und den beyden bey nn, n'n' Fig. 3. angegebenen Querschnitten. Die Axe b ist von gehärtetem Stahle, und hat die Gestalt einer scharfen Schneide, deren beyde Seitenflächen einen Winkel von 45. miteinander machen.

Damit die Axe der Linie der Aufhängepuncte der Schaalen (10) so nahe gebracht werden kann, als man will, so gehen die beyden Theile der Axe nicht unmittelbar aus dem Wagebalken heraus, sondern sitzen senkrecht auf einem gabelförmigen Stücke Stahl dddd, welches von unten herauf in einer Falze zu beyden Seiten über den Wagebalken geschoben ist. Dieses gabelförmige Stück ist unmittelbar unter der Axenschneide, wie die Linie d'd'd' anzeigt, durchbrochen. Diese Oefnung dienet die Axe leichter gerade und senkrecht auf die Seitenflächen des Wagebalkens zu richten. Man erkennet das gabelförmige Stück

dddd

dddd deutlicher in Fig. 4., welche, wie schon erinnert worden ist, einen senkrechten Durchschnitt nach der Linie BB Fig 1. durch die Mitte der Unterstützung des Wagebalkens in der natürlichen Größe abbildet. nnnn in dieser Figur ist der Querschnitt des Wagebalkens nach der Länge der Axe b′b′. Er ist in der Mitte nach der Richtung ad durchbohret.

Durch diese Oefnung geht ein Stahldrath, der sich zu beyden Seiten in ein Schraubengewinde endigt, wovon das untere in das gabelförmige Stük dd eingreift. Auf dem oberen, über den Wagebalben hervorstehenden, Theile des Drathes stekt das messingene Knöpfchen ee lose, und in dasselbe ist das Mutterschräubchen bb eingelassen, welches den Drath mit dem Knöpfchen befestigt. Vermittelst dieser Vorrichtung kann also, durch die Umdrehung von ee, das ganze gabelförmige Stück dddd mit der Axe, an dem Wagebalken auf und abgeschraubt werden. So wie ich gegenwärtig die Wage brauche, ist die Schneide der Linie der Aufhängepuncte ac Fig. 3. so nahe gebracht, daß der Wagebalken ohne Schaalen nur eben (6) in den horizontalen Stand zurükkehret.

§. 32.

Um die beyden Aerme des Wagebalkens mit leichter Mühe, und vollkommen genau, gleich lang (2) zu stellen, ist bey diesem Werkzeug folgende Einrichtung angebracht. Die beyden Theile ifgh sind abgesonderte Stücke von Messing, und blos durch die Schrauben mm an den Wagebalken befestigt. Durch die beyden kreißförmigen Flaschen qq gehen zwei scharfe stählerne Schneiden a; c; auf diesen ruhen die stählerne Häkchen s, s, an welche die Ketten der Wagschaalen aufgehängt werden. Man sieht diese Häkchen ganz bey as Fig. 2., da die Ebene dieser Figur mitten durch den Zwischenraum der Flaschen qq Fig. 3. geht. Diese Einrichtung bringt den Vortheil, daß die Häkchen mit den Wagschaalen vermöge ihres eigenen Gewichtes sich immer senkrecht hängen, und also die Directionslinien der auf die Wage wirkenden Kräfte beständig lothrecht bleiben. Um die Puncte a und c in gleiche Entfernungen von dem Umdrehungspuncte b des ganzen Wagebalkens bringen zu können, läßt sich der eine Theil ifgh mittelst der feinen stählernen Ziehschraube opr längst der Linie if hin und herschieben. Wie vermittelst dieser Einrichtung der Wagebalken gleicharmicht gestellt werden kann, soll unten, um jezt nicht die Beschreibung des

Werkzeugs zu unterbrechen, besonders gezeigt werden.

§. 33.

Wenn der eine Theil ifgh unten hinaus oder herein geschraubt wird, so erhellt dadurch der Arm bL ein größeres oder kleineres Moment, als bL′ und der Wagbalken wird ungleich wichtig (3). Diesen Fehler zu verbessern, dienen die die stählernen Schrauben hl, hl, nebst den messingenen Mutterschräubchen k, k, denn nachdem man diese an dem einen oder andern Arm hinaus oder herein schraubt, so wird dadurch dieser Arm schwerer oder leichter gemacht.

Die zwei Schrauben hl endigen sich in zwei Spitzen bey L und L′ wovon die eine an dem messingenen Gradbogen DD (Fig. 2.) dessen Mittelpunct mit dem Umdrehungspuncte des Wagebalkens zusammen trift, hin und her spielet, und und dadurch die Größe des Ausschlagewinkels angibt. Die andere zeigt, wenn sie auf die Schneide r weiset, während die erste auf o stehet, den horizontalen Stand des Wagebalkens an. Hierdurch ist die Zunge entbehrlich, und die ganze Wage empfindlicher geworden.

§. 34.

Ich wende mich nun zur Unterstützung, dem zweiten wesentlichen Theile der ganzen Wage.

Fig.

Fig. 4, 5, und 6, verbunden mit Fig. 2., werden die Einrichtung derselben gehörig erläutern. Die Schneide der Axe b'b' Fig. 4. ruhet auf der hohen Kante zweier Achatplättchen aa, aa. Die unterstützenden Seiten dieser Achatplättchen sind, wie der Durchschnitt zeigt, kreißförmig abgeschliffen, und die Axenschneide ruhet eigentlich nur auf zwei horizontalen geraden Linien. Dieses trägt, wie leicht erhellet, zur Verminderung der Reibung ausserordentlich viel bey. Weil aber wegen dieser freien Bewegung der Axe auf ihren Unterlagen, dieselbe leicht aus der Mitte ihrer Unterstützungen verrückt werden könnte, (wodurch in diesem Fall zwar keine Unrichtigkeit verursacht, aber doch der Wagebalken in eine andere Ebene der Bewegung gebracht würde,) so ist, um diesen Fehler zu verbessern, eine eigne Vorrichtung angebracht, welche iezt beschrieben werden soll.

Die beyden Achatplättchen aa, aa ruhen auf einem besondern gabelförmigen Stücke Messing cccc, in dessen beyde lothrechtstehenden eingefalzeten Seitenwände sie von oben herab hineingeschoben sind. Das ganze Stük cccc gehet selbst wieder in Falzen der äusseren Seitenwänden oo, oo von der ganzen messingenen Unterstützung. Man erkennet diese Einrichtung deutlicher aus Fig. 5., welche eine Seitenwand der Unterstützung,

von innen angesehen, vorstellet. aaäa ist das Achatblättchen, cccc sein messingener Träger, oooo, die eingefalzete Seitenwand der Unterstützung. Durch die Mitte des Bodenplättchens von cccc, gehet Fig. 4. das cylinderförmige Ende der Schraube G hindurch, und wird daselbst durch das messingene Vorlegeplättchen ff, und den durchgestekten stählernen Stift i festgehalten; doch so, daß man die Schraube ungehindeat herumdrehen kann. Das Gewinde der Schraube G greift in die etwas stärkere Bodenplatte der ganzen Unterstützung ee ein. Man kann daher durch diese Vorrichtung das ganze Stük cccc nebst dem Achatblättchen in den Falzen oo, oo, leicht auf und abschrauben.

§. 35.

Hat man die Achatplättchen so weit heruntergebracht, daß der untere Theil von cc auf der Bodenplatte ee aufsizt, so ruhet alsdann die Axenschneide b′b′ nicht mehr auf den Achatplättchen, sondern in den Vertiefungen rr zweier eingekerbten Stahlplättchen, welche von aussen an die Seitenwände oo, eingeschraubt sind. Man erblikt ein solches Plättchen bey rrrr Fig. 6., welche eine Seitenwand oooo von aussen angesehen vorstellet. In Fig. 5., wo das Achatplättchen in der oben beschriebenen Lage gezeichnet ist, erscheinet

scheinet durch einen Einschnitt der Seitenwand oooo, ein Theil des Stattplättchens rrr, mit seiner Vertiefung. Der mittelste Buchstaben r bezeichnet den niedrigsten Punct der Vertiefung, welchen die gleichen Buchstaben der 4ten Figur zu beyden Seiten angeben. Diese zwei Puncte liegen in einer senkrechten Ebene durch die Mitte der Achatplättchen. Ruhet also die Schneide in diesen beiden Vertiefungen, und man schraubet alsdenn die Achatplättchen in die Höhe, so kommt dadurch die Schneide genau wieder in ihre Mitte zu liegen. Hieraus erhellet, wie durch ein bloses Auf- und Niederschrauben der Achatplättchen die verrükte Axe viel genauer in ihre gehörige Lage zurükgebracht werden kann, als dieß nach dem Augenmaß, aus freier Hand, bewerkstelligt werden könnte.

§. 36.

Wann bey dem Gebrauche der Anlage die Axe auf den Achatplättchen aufliegt, so könnte es geschehen, daß, durch ein Verschieben der Axe nach der Länge der Unterstützungslinie, der unterhalb der Schneide befindliche Theil des Stükes dd wider die innwendige Seite eines Achatplättchens zu liegen käme. Dieses würde die Bewegung des Wagebalkens sehr hindern. Um diesem, und zugleich dem gänzlichen Herabfallen

der

zusammengefasset sind, vermittelst dessen sie an den Häkchen des Wagebalkens hängen. Ich erwähne diese unbeträchtlich scheinende Einrichtung mit Fleiß, weil sie Einfluß auf den senkrechten Zug der auf den Wagschaalen liegenden Gewichte hat. Die Häkchen a's hängen sich stets auf den Schneiden a'a' lothrecht, nicht immer so (wie mich die Erfahrung gelehret hat) die Kettenringe bey ss in diesen Häkchen, weil zwischen ihnen schon mehr Reibung obwaltet. Ich muß daher bey sehr genauem Abwägen einige Aufmerksamkeit auf diesen Umstand verwenden. Dieses ist aber eine Kleinigkeit, und kann noch an dem Werkzeuge selbst sehr leicht verbessert werden. Man gebe nämlich den Häkchen a's, statt der in der Figur abgebildeten Gestalt, die in Fig. 2. * Tab. I. angedeutete, wo ab eine zweite Schneide, welche auf die Richtung der erstern a' senkrecht stehet, ist, und hänge an diese den Kettenring, so wird alsdenn in jedem Falle der Zug der Gewichte beständig nach lothrechten Richtungen erfolgen.

§. 38.

Da diese Wage bey ihrer ausserordentlichen Empfindlichkeit, durch die geringste Bewegung der Luft in Unruhe gebracht wird, und überdies (wie von selbst erhellet) so viel möglich vor Staub bewahret werden muß, so habe ich mir über das ganze

ganze Werkzeug ein verschlossenes Gehäuse machen lassen. Es ist in der Figur den Raum zu ersparen nicht abgebildet worden, und wird jedesmal nach der Größe der Wage, von dem Verfertiger oder Besitzer des Instruments leicht angegeben werden können. Das Meinige ist, den Boden ausgenommen, ganz von Glas, und hat auf der Vorderseite zwei Flügelthüren, welche sich öfnen lassen, damit man ohne das Justrument aus dem Gehäuse herauszunehmen alle bey einem genauen Abwägen nöthige Arbeiten verrichten könne.

§. 39.

Noch muß ich einer Einrichtung gedenken, welche ich bey dieser Wage zu hydrostatischen Versuchen habe anbringen lassen. Die metallene Fußplatte AA, ist bey (F) Fig. 2. Tab. I. senkrecht unter dem Aufhängepuncte der einen Schaale durchbohret. Eine ähnliche nur etwa viermal größere Oefnung befindet sich auch in dem hölzernen Boden des Gehäuses, diese kann, wenn sie nicht gebraucht wird, zur Abhaltung des Staubes durch einen hölzernen Schieber verschlossen werden. Will man sich der Wage zu hydrostatischen Untersuchungen bedienen, so schraubt man die Unterstützungsplatte u n bey w von ihrer Hülse ab, nimmt die eine Wagschaale hinweg, und hängt

statt

statt derselben eine långere Kette, Pferdehaar, oder Metalldrath an, welche durch die Oefnung F, und die Oefnung des Bodens von dem Gehåuse, in ein unten von der Wage ziemlich entferntes Gefäß mit der zu untersuchenden Flůssigkeit reichen. Diese Einrichtung wird deswegen nothwendig, damit die Dåmpfe der Flůssigkeit, vorzůglich wenn es eine Såure wåre, die Wage nicht so leicht beschådigen kônnen.

§. 40.

Das bisher beschriebene Werkzeug hat mein Landsmann Herr Hauff, ein sehr geschikter Kůnstler aus Darmstadt, verfertigt. Derselbe hatte vorher schon unter meines Bruders zu Darmstadt Anleitung eine in ihrer Art ebenfalls vortreffliche Heuwage fůr die hiesige Stadt Gießen, und auch schon eine mit der beschriebenen åhnliche, iedoch nicht ganz so vollkommene Schaalwage ausgearbeitet. Kenner werden bald sehen, daß die hauffische Wage alle wesentliche Vorzůge der oben (11) angefůhrten ramsdenschen besitze. Herr Hauff erbietet sich fůr Liebhaber Wagen dieser Art, das Stůk zu 8 alten Louisd'ors oder 40 Thlr. såchs. mit Einschluß einer doppelten in Messing gefaßten Weingeistlibelle, zu verfertigen. Ohne Libelle ist der Preiß 7 Louisd'or oder 35 Thlr.

Die

Die große Empfindlichkeit dieses Werkzeugs werden die folgenden Versuche am besten beweisen. Hier muß ich nur noch erinnern, daß das Ganze vortrefflich gearbeitet ist, alle, selbst die kleinsten Theile des Instruments durch Schrauben zusammen gesezt sind, und daher, ihrer Festigkeit unbeschadet, sehr leicht auseinander genommen werden können.

§. 41.

Ehe ich die mit dieser Wage angestellten Versuche beschreibe, will ich zeigen, wie durch die (32.) angegebene Vorrichtung der Wagebalken gleicharmicht gestellet worden sey. Nachdem ich die Fußplatte vermittelst einer Libelle vollkommen genau horizontal gestellet hatte, brachte ich die Schneide r und den Punct o des Gradbogens in einerley senkrechte Höhe über die Fußplatte, alsdenn schraubte ich die Unterstützung des Wagebalkens so lange hin und her, bis sie sich mit den Puncten o und r in einer wagrechten Ebene befand. Dieses findet alsdenn statt, wenn die Spitzen des Wagebalkens im horizontalen Stande zugleich auf o und r eintreffen, und bey einem geneigten Stande die eine Spitze so viel über die Linie or erhaben, als die andere darunter vertieft ist. Liegt die horizontale Ebene durch die Unterstützung der Axe höher, als die horizontale

Ebene

Ebene durch or, so wird der Wagebalken im wagrechten Stande ebenfalls über or erhaben, im geneigten Stande mehr auf der einen Seite darüber erhaben, als auf der entgegengesezten darunter vertiefet seyn. Liegt die Unterstützung unter or, so wird es sich mit diesen Dingen gerade umgekehrt verhalten. Dieses gab daher ein leichtes Mittel an die Hand, wie man die Unterstüzzung der Axe mit den Punkten or in eine wagrechte Ebene bringen konnte. Nach dieser Vorbereitung, wog ich zwey gleiche Gewichte so viel möglich genau ab *), brachte nach hinweggenommenen Wagschaalen den Wagebalken durch Verschraubung der Messingplättchen K, K, für sich ins Gleichgewicht, hieng alsdann die gleiche Gewichte daran, und schraubte nun das Stük ifgh so lange hin und her bis beyde Gewichte, sie mogten von der einen Seite zur andern verwechselt werden, wie man wollte, den Wagebalken immer in einer horizontalen Lage erhielten. Hier ist zu bemerken, daß wenn man nach angehängten

*) Anmerk. Daß man, auch auf einer völlig ungleicharmichten Wage gleiche Gewichte genau abwiegen könne, erhellet, wenn man von den zu bestimmenden Gewichten eins nach dem andern auf einerley Wagschaalen mit demselben Gegengewicht ins Gleichgewicht bringt.

ten Gewichten, den einen Arm durch die Schraube ro långer oder kůrzer macht, auch sein Moment dadurch vergrößert oder verkleinert werde. Man muß also, wenn der Wagebalken mit den Gewichten horizontal steht, dieselben wieder abnehmen, um zu sehen ob er es auch noch ohne Gewichte bleibt. Geschieht dieses nicht, so muß man es durch Verschraubung des Plåttchens KK bewerkstelligen, und so lange abwechselnd den Wagebalken bald mit, bald ohne Gewichte probiren, bis er unter beyderley Umstånden horizontal stehen bleibt.

§. 42.

Diese Arbeit ist immer etwas langweilig und erfodert viel Gedult, wenn man eine ganz vollkommene Gleichheit von beyden Aermen erhalten will. An der Wage, welche ich besitze, habe ich die beyden Aerme, bis auf $\frac{1}{16000}$ der ganzen Långe abgeglichen. Hiervon habe ich mich durch folgende Probe ůberzeugt, wenn auf iede Wagschaale $\frac{1}{4}$ Pf. Auflage gelegt wird, so můssen auf die Seite, an welcher der Arm verschraubt werden kann, noch zwey Richtpfenningstheile hinzukommen, damit der Wagebalken einstehe. Dieser Arm ist also der kůrzere und der entgegengesezte

der

der längere. Er heiße a, der andere A, die an ihnen befindlichen Gewichten P und p, so ist: p: P = a: A; aber P = p + q = $\frac{1}{4}$ ℔ + 2 Richtpfenningstheile = 1 + $\frac{1}{16384}$, also auch A = a + $\frac{1}{16384}$ a, oder eine runde Zahl angenommen, übertrift A, a um $\frac{1}{16000}$ seiner Länge.

§. 43.

Ich gestehe, daß ich durch das (39) angezeigte Verfahren die beyden Aerme noch genauer hätte abgleichen können. Ich hatte aber die Gedult nicht dazu, und glaube, daß der angegebene Fehler in den meisten Fällen für 0 gelten könne. Uebrigens kann iemand, der einigermaßen mit der Theorie der Wagen bekannt ist, selbst mit einer viel ungleicharmichteren Wage, doch sehr scharf abwiegen. Als einen Beweis zu diesem Satze will ich die Methode hier beybringen, wie ich mir Gewichte bis auf Viertheile von Richtpfenningstheilen *) abgeglichen habe. Ich setze eine ungleicharmichte Wage voraus, deren kürzerer Arm a, der längere a + b heißen mag, auf welcher man ein

*) Anmerk. Ich bediene mich zum Abwiegen der Richtpfenningstheile, theils weil dieses das kleinste Gewichl ist, welches ich kenne, theils weil man auf dieses Gewicht von dem Lothe der Halbirungen kommen kann, welches bey dem Abziehen der Gewichte einen großen Vortheil verschaft.

ein gegebenes Gewicht P durch Halbirungen in eine bestimmte Anzahl von gleichen Theilen theilen soll.

Man theile P dergestalt in p und q, daß p an a, q an a + b die Wage hält; so hat man $p.a = q.(a+b)$, und $q = \frac{a}{a+b}$. p also $P = p + \frac{a}{a+b}p = \frac{2a+b}{a+b}p$. Nun nehme man p und theile es von neuem auf der Wage in p′ und q′, so daß p′ an a mit q′ an a + b im Gleichgewichte ist. Dieses q′ nehme man für $\frac{1}{4}$P an, verdoppele es, so hat man $\frac{1}{2}$P. Auf eine ähnliche Weise kann man so weit fortfahren, als man will, $\frac{1}{4}$ P in $\frac{1}{16}$ P theilen, und aus diesem durch Verdoppelung $\frac{1}{8}$ P finden u. s. w. Der hierbey begangene Fehler wird unbeträchtlich seyn, wenn die Wage nur einigermaßen gleicharmicht ist. Seine Größe läßt sich so berechnen. p′ ist vermöge des Verfahrens $= \frac{a+b}{a}q'$, also $p = q' + \frac{a+b}{a}q' = \frac{2a+b}{a}.q'$; aber P war $= \frac{2a+b}{a+b}p$, daher $P = \frac{(2a+b)}{a(a+b)}q'$ u. q′ =

=

$$= \frac{a(a+b)}{(2a+b)^2} P = \frac{a^2+ab}{4(a^2+ab)+b^2} P = \tfrac{1}{4} P - \frac{\tfrac{1}{4} b^2}{(2a+b)^2} P.$$

Der lezte Theil der Formel drukt den begangenen Fehler aus, oder um wie viel q′ kleiner als $\frac{1}{4}$ P ist. Er verhält sich zu $\frac{1}{4}$ P $= b^2 : (2a + b)^2$. Wäre $b = \frac{1}{100} a$, oder der eine Arm um ein Hunderttheil länger, als der andere, so hätte man $b^2 : (2a + b)^2 = 1^2 : 201^2 = 1 : 40401$. Der Fehler betrüge noch kein Vierzigtausendtheil des Ganzen. Für $b = \frac{1}{1000}$ verwandelt sich obiges Verhältniß in $1^2 : 2001^2$.

Hier betrüge der Fehler noch kein vier Miliontheil des Ganzen, und wäre gewiß schon unbeträchtlich. Wie viel mehr also muß dieses statt finden, wenn die Wage bis auf $\frac{1}{10000}$ oder noch bis auf eine geringere Größe, wie die Hauffische, die ich besitze, gleicharmicht ist!

§. 44.

Wenn q verdoppelt wird, so wird auch der dabey begangene Fehler verdoppelt, das ist man fehlet bey der Hälfte um denselben aliquoten Theil wie bey dem Viertheil. Um zu sehen welchen Vorzug das Theilen durch doppeltes Abwiegen, vor

dem

dem Theilen durch einfaches Abwiegen (ich bediene mich der Kürze wegen dieser Benennungen), habe, so vergleiche man die Formeln

$$p = \frac{a + b}{2a + b} \cdot P \text{ u. } q' = \frac{2a(a + b)}{(2a + b)^2} P$$

miteinander.

$$\text{Die erste ist} = \tfrac{1}{2} P \; \frac{+ \tfrac{1}{2} b}{2a + b} P$$

$$\text{die andere} = \tfrac{1}{2} P - \frac{(\tfrac{1}{2} b)^2}{(2a + b)^2} P$$

Der Fehler der ersten verhält sich also zum Fehler der zweiten, wie

$$\frac{b}{2a + b} : \left(\frac{b}{2a + b}\right)^2 = 1 : \frac{b}{2a + b},$$

wie der richtige Werth zum Fehler der ersten. Man nenne $\frac{b}{2a + b} = \frac{1}{x}$ und verstehe unter $\frac{1}{x}$ eine sehr kleine Zahl, so verschwindet bekanntlich $\frac{1}{x^2}$ eben so gegen $\frac{1}{x}$, wie $\frac{1}{x}$ gegen 1. Der Fehler bey dem doppelten Abwiegen wird also gegen den Fehler bey dem einfachen Abwiegen eben so unbeträchtlich seyn, als dieser gegen den richtigen Werth.

§. 45.

Für diejenige, welche mit Versuchen dieser Art noch ganz unbekannt sind, erwähne ich besonders, wie ich bey dem Verdoppeln der Gewichte verfahre.

Ich lege z. B. $q' = \frac{1}{4} P$ auf die Wagschaale an dem Arm a, bringe es mit einem Gewicht $= \pi$ an den Arm $a + b$ ins Gleichgewicht, so ist $\pi = \frac{a}{a+b} q'$. Nun nehme ich q' weg, bringe an demselben Arm a, r mit π ins Gleichgewicht, so ist $r = \frac{a+b}{a} \pi = \frac{a+b}{a} \cdot \frac{a}{a+b} q' = q'$.

Den beyden q' zusammengenommen verfertige ich auf dieselbe Weise ein gleiches R, so erhalte ich dadurch $\frac{1}{2}$ P und zwei $\frac{1}{4}$ P. Das eine von dem lezten kann nun wieder auf das neue durch doppeltes Abwiegen in $\frac{1}{16}$ P und $\frac{1}{8}$ P getheilet werden. Noch ist zu bemerken, daß es ganz einerley ist, ob man bey dem Theilen durch doppeltes Abwiegen zuerst, wie oben geschehen, p und aus diesem q' bestimmen, oder zuerst q und daraus p' suche. Man erhält in beyden Fällen dessen Gewicht, wovon man sich durch eine leichte Rechnung, wie die oben geführte, sehr bald überzeugen wird.

§. 46.

Ich kehre nach dieser kleinen Ausschweifung zur Beschreibung der Wage zurück, und will nun durch einige Versuche die große Empfindlichkeit derselben beweisen.

Die größte Last, welche auf der Wage gewogen werden kann, ohne daß ihr Bau im mindesten dadurch leidet, ist 1 Pf. Auflage auf ieder Schaale. Ich glaube zwar, daß ich dieses Gewicht füglich auf $1\frac{1}{2}$ Pf. setzen könnte, doch, um die folgenden Angaben desto zuverläßiger zu machen, so will ich nicht mehr als 1 Pf. annehmen.

Wenn die Wage mit dieser Last auf beyden Seiten beschweret ist, so gibt ein Richtpfenningstheil auf eine Seite zugelegt einen halben Grad Ausschlag. Der ganze Oscillationsraum der Spizzen beträgt dabey etwas über einen Grad. Legt man zwei Richtpfenningstheile zu, so ist der Ausschlag ein ganzer Grad, und der Oscillationsraum beträgt über vier Grade. Wenn die Wage durch keine andere Gewichte, als durch die blosen Schaalen beschweret ist, so gibt sie den achten Theil von einem Richtpfenningstheil mit einem halben Grad Ausschlag noch sehr merklich an.

Ein Richtpfenningstheil ist $\frac{1}{131072}$ ℔

zwei Richtpfenningstheil $= \frac{1}{65536}$ ℔

$\frac{1}{8}$ Richtpfenningstheil $= \frac{1}{1048576}$ ℔

Die Wage gibt also von einem Pfunde noch den hundert ein und dreisigtausendsten Theil an. Ueberhaupt aber zieht sie unbeschweret weniger als den millionsten Theil von der größten Last, welche auf ihr gewogen werden kann.

Die eben angeführte ramsdensche Wage soll den 10 millionsten Theil des größten Gewichts, das auf ihr gewogen werden kann, angeben. Dies rühret wohl daher, weil diese Wage eine Auflage von 12—13 Pf. auf ieder Schaale leidet. Doch wenn auch die hauffische Wage dieser ramsdenschen an Empfindlichkeit nachstehen sollte, so möchte dagegen der Unterschied im Preiß von beyden wohl eben so groß, und vielleicht noch größer seyn. Ich konnte keine 100 und mehr Pf. Sterl. auf eine Wage verwenden. Sollte einer unserer deutschen Physiker nur den dritten Theil von iener Summe dazu bestimmen wollen, so getraue ich mit Zuverläßigkeit zu behaupten, daß Herr Hauff dafür ein Werkzeug liefern würde, welches dem englischen an Genauigkeit nicht nachstehen sollte. — Ein Beweis daß unsre vaterländischen Künstler bey gleicher Unterstützung iederzeit, mit denen des Auslandes wetteifern könnten!

Zweyte

Zweyte Abhandlung.

Einige Versuche über das specifische Gewicht des Wassers und der atmosphärischen Luft; nebst zwey Anhängen.

IIte Abhandlung.

Beschreibung einiger mit dieser Wage angestellten Versuche.

§. 1.

Mit einem so vorzüglichen Werkzeuge zu Bestimmung sehr kleiner Gewichte versehen, nahm ich mir vor, das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft sowohl, wie der übrigen Luftarten mit aller möglichen Genauigkeit zu untersuchen. Ich fühlte mich zu dieser Unternehmung um so mehr aufgemuntert, da Herrn Kirwans Bestimmungen — welche doch mit unter die vorzüglichsten gerechnet werden müssen — nach dessen eigenem Geständniß (siehe dessen Abhandlung über das Phlogiston und die Bestandtheilen der Säuren noch unvollkommen sind. Da es gewöhnlich ist die eigenthümlichen Gewichte der Körper in solchen Zahlen auszudrücken, deren Einheit das specifische Gewicht des Wassers ist, so ist es vor allen Dingen nöthig, einen bestimmten Begriff von der Größe der Einheit zu geben.

Eine

Eine Vergleichung des specifischen Gewichtes des Wassers nach den Angaben mehrerer Physiker lehrte mich sehr bald, daß auch noch hierinn eine große Verschiedenheit herrsche. Ich glaubte also, um nicht genöthiget zu seyn, mich auf fremde Erfahrungen, die mir ungewiß schienen, zu verlassen, mit der Untersuchung der eigenthümlichen Schwere des Wassers den Anfang machen zu müssen.

§. 2.

Es ist bekannt daß die Beschaffenheit des Wassers auf sein Gewicht einen beträchtlichen Einfluß hat. Ich wählte daher zu dieser Untersuchung Regenwasser, das ich zuvor in gläsernen Gefäßen destillirte, nach der Destillation aber einige Tage in demselben Zimmer, wo ich den Versuch anstellte, aufbewahrte, damit es die durch das Kochen verlehrne Luftsäure, und die Temperatur der umgebenden Luft völlig wieder annahm. Die lezte Vorsicht war vorzüglich nöthig, damit die Wärme des Wassers während der Anstellung der Versuche sich nicht wohl ändern konnte, da der Erfahrung gemäß, die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme, das specifische Gewicht desselben sehr merklich modificiret. Herr De Lüc Dr. Blähd und Herr Kirwan haben hierüber sehr lehrreiche Versuche angestellt. Der

lezte

leztere insbesondere hat gleiche Mengen von Wasser bey verschiedenen Temperaturen in einem abgekürzten Kegel von Eisenblech abgewogen, und dadurch das Verhältniß des specifischen Gewichtes des Wassers bey verschiedenen Temperaturen uumittelbar bestimmt. (phys. chem. Schriften 3ter B. S. 49. der d. Uebers.) Ich setze einige der von ihm angegebenen Zahlen hierher, weil ich mich derselben in der Folge mehrmalen bedienen werde.

Gewicht eines Cub. Zolles Wasser	Temper. nach Fahrenheit.
253, 463 Gran	42°
253, 45 —	50°
253, 3 —	56°
253, 182 —	62°
253, 06 —	66°
252, 97 —	70°
252, 8 —	75°
252, 72 —	82°
281, 89 —	102°

§. 3.

Ich hielte vor nöthig, ehe ich das specifische Gewicht des Wassers bestimmte, vorläufig zu untersuchen, ob der verschiedene Druck der Atmosphäre einen merklichen Einfluß auf die Bestimmung dieses Gewichtes haben könnte. Fahrenheit und Cantons Versuche ergeben zwar, daß der

ganze

ganze Druck der Atmosphäre das Wasser nur um 0,000046 seines Raumes zusammendrückt, und auch nach Herrn Abich beträgt diese Größe nicht über 0,000075 des ganzen Raumes (Sieh Gehler. physik. Wörterb. Art. Wasser.) Sie würde also, auch für die größte Aenderung des Barometer-standes in unsern Gegenden, völlig unbedeutend seyn. Eben daraus fliesset, daß die Dichte der untern Wasserschichten, durch das Gewicht der auf ihnen liegenden nicht merklich vergrößert werden könne. Es sey dann, daß die Tiefe der untern Schichten sehr beträchtlich wäre, wie dieß etwa der Fall mit dem Wasser auf dem Meeresgrunde, in Vergleichung des nahe an der Oberfläche befindlichen ist. Hieraus würde folgen, daß ein fester Körper bey übrigens gleichen Umständen, eben so viel von seinem Gewichte verlieren müsse, wenn man ihn tief, oder weniger tief in einem Gefäß voll Wasser versenkte.

Diesen Sätzen widerspricht indessen eine von Herrn Huth angestellte Erfahrung geradezu. In seinen Anfangsgründen der angewandten Mathematik. S. 147. erzählet er folgenden von ihm selbst angestellten Versuch. „Ich hing, sagt derselbe am angeführten Orte, einem Stücke Kork so viel Gewichte an, daß dasselbe unter reines destillirtes Wasser tauchte, und in demselben nahe

am

am Boden des Gefässes schwebend blieb, ohne den Boden zu berühren. Beides wog zusammen in der Luft 297 Gran Cölln, und diese waren also in dem Wasser unwirksam geworden. Ich hieng den Kork vermittelst eines Pferdehaars, das ich zuvor schon an der Wage in das Gleichgewicht gebracht hatte, an die eine Schaale einer feinen Wage, und rückte diese 2 Zoll 4 Lin. rheinl. Duodec. in die Höhe. Der Kork hätte folgen müssen, wenn er in allen Wasserschichten gleich viel von seinem Gewichte verlöhre; aber das geschah nicht, und ich mußte $\frac{3}{4}$ Gran Gegengewicht in die andere Schaale legen, eh sich die Wage wieder in das Gleichgewicht setzte.

Hieraus zieht nun Herr Huth die Folge, daß in dem gebrauchten Wasser die eigenthümliche Schwere einer 4 Linien tief unter der Oberfläche liegenden Schicht sich verhalte, wie 297 : 296 $\frac{1}{4}$ wie 100,00 : 0,9974.

§. 4.

Ich gestehe daß ich einiges Mistrauen in diesen von Herr Huth beschriebenen Versuch sezte. Doch bestimmte mich derselbe die Sache selbst zu prüfen. Ich füllte in dieser Absicht einen Glascylinder, der genau zwei pariser Fuß hoch war,

voll Brunnenwasser, und nachdem das Wasser durch den ganzen Raum des Cylinders dieselbe Temperatur von 17° (De Lüc) angenommen hatte, untersuchte ich das Gewicht einer gläsernen Kugel, welche etwas über einen pariser Zoll im Durchmesser hatte, nachdem sie zwei Zoll unter die Oberfläche des Wassers eingetaucht war. Ich fand dasselbe $1\frac{3}{4}$ Loth + 100 Richtpfenningstheile Cölln Markgewicht. Nun brachte ich den Cylinder voll Wasser, ohne die Wage nebst der an ihr aufgehängten Glaskugel im mindesten zu bewegen, 18 pariser Zoll in die Höhe. Die Kugel wurde dadurch eben so viel tiefer unter die Oberfläche des Wassers versenkt, und die Wagschaale sank. Die Kugel hatte also durch dieses tiefere Eintauchen von ihrem Gewichte verloren, und der Verlust betrug 87 Richtpfenningstheile. Von dem Eisendrath, vermittelst dessen die Kugel an der Wage aufgehängt war, kamen durch das tiefere Versenken 18 par. Zolle seiner ganzen Länge mehr unter die Oberfläche des Wassers, welches einen Verlust seines Gewichts bewirken mußte. Um die Größe dieses Verlustes zu bestimmen, wog ich den Drath auf dieselbe Weise allein ab, und fand daß die eingetaugten 18 Zolle 86 Richtpfenningstheile von ihrem Gewichte im Wasser verloren.

Zieht

Zieht man diesen Verlust an dem obigen ab, so bleibt für den ganzen Verlust der Glaskugel durch das tiefere Versenken nur ein Rchtpfthl übrig. Der Stand des Barometers hatte sich während dem Versuche nicht verändert, aber das Wasser in dem Cylinder war — iedoch oben wie unten — um einen Grad wärmer geworden. Schreibt man diesen Verlust von einem Richtpfenningstheil, der Verdichtung des Wassers an der untern Stelle zu, so betrüge dieselbe für das Gewicht einer Wassersäule von 18 par. Zoll Höhe $\frac{1}{7268}$ des ganzen Raumes. Ich bin aber völlig überzeugt, daß dieser Verlust blos von der ganz unvermeidlichen Unvollkommenheit bey dieser Art von Versuchen herrühre. Die Wage deren ich mich bediene, gibt zwar halbe und sogar Virtheile von Richtpfenningstheilen noch hinlänglich scharf an, ich kann aber demungeachtet bey hydrostatischen Versuchen nur bis auf einen Richtpfenningstheil genau abwägen. Dieses rühret daher, weil der Körper, dessen man sich zum Aufhängen des Abzuwägenden bedienet, durch das Oscilliren der Wage bald mehr bald weniger von seinem Gewicht verlieret, ia über dieß beym Heraufsteigen der Wage benezt uud also schwerer aus dem Wasser hervortritt. Es bleibt daher kein Zweifel übrig, daß man,

wenig-

wenigstens bey hydostratischen Untersuchungen, die Zusammendrückung des Wassers durch sein eignes Gewicht, oder durch die Veränderungen in dem Gewichte der Atmosphäre als völlig unbedeutend, ausser Acht lassen könne.

Herr Huth muß sich geirret haben. Ursachen dieses Irrthums mögen folgende gewesen seyn. Das Stück Kork als ein äusserst poröser Körper, enthielte in diesen Poren anfänglich viel Luft, diese entwich nach nnd nach, und die Zwischenräume füllten sich mit Wasser, dadurch mußte der Kork ie länger er in dem Wasser bliebe, desto schwerer werden, weil dieses Entweichen der Luft wahrscheinlich nur allmählig erfolgte. Eine zweite Ursache mag vielleicht das Hinaufrücken der Wage gewesen seyn. Das Wasser widerstand der Bewegung des Korks vermöge seiner Trägheit, und der Wagebalken mußte dadurch auf dieser Seite herabsinken. Daß er aber nicht von selbst ohne aufgelegtes Gegengewicht zurückkam, mag vielleicht von einer kleinen Verrückung der Axe in ihren Unterlagen, oder von der Benetznng des Pferdehaares hergerühret haben. Doch ich will mich uicht länger mit blos möglichen Erklärungsarten dieser Erscheinung aufhalten, da Herr

Huth

Huth weiter keine Umstände von seinem Versuche angegeben hat. Vielleicht hat er die Güte bey einer neuen Auflage seines, sonst brauchbaren, Werkes, denselben zu wiederholen und zu berichtigen. Der Stand des Barometers könnte ferner auf das ausser dem Wasser zu bestimmende Gewicht des festen Körpers Einfluß haben, indem derselbe in einer dichten Luft mehr verlieret als in einer dünnen. Daß aber dieser Umstand auf dia nachstehenden Versuche wenigstens keinen merklichen Einfluß gehabt habe, erhellet aus folgender Betrachtung. Das ganze Gewicht des Cubikzolles von Eisen, dessen ich mich zum Abwägen bediente, wurde ungefähr um $\frac{1}{7}$ im Wasser, also in der Luft etwa um $\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{800} = \frac{1}{5600}$. vermindert. Die größte Aenderung des Barometers in unsern Gegenden beträgt höchstens $\frac{1}{14}$ der ganzen Quecksilberhöhe, und die daher rührende Aenderung in dem Verlust des Cubikzolles an Gewichte in der Luft ist $= \frac{1}{5600} \cdot \frac{1}{14} = \frac{1}{78400}$. Sie ist also völlig unbeträchtlich.

§. 5.

Erst nach dieser Vorbereitung ging ich an die Untersuchung, des specifischen Gewichtes des Wassers. Ich ließ mir dazu von Herrn Hauff

einen

einen pariser duodecimal Cubikzoll von massivem Eisen verfertigen. Daß derselbe mit dem größten Fleiß gearbeitet ist, brauche ich wohl nicht besonders zu erinnern. Eisen wählte ich deswegen zu diesem Körper, weil es sich unter allen Metallen am schärfesten abfeilen läßt.

Die Resultate der damit angestellten Versuche sind folgende:

	Loth	Richtpfthle
Der Würfel wog in der Luft	$9\frac{11}{16}$ —	3
Hierzu kommt der Ueberschuß des Gewichtes der Schaale an der einen Seite der Wage, über den Drath an der andern Seite —	Loth $\frac{13}{16}$ —	Richtpfthle 20
Ganzes Gewicht des Würfels	$16\frac{8}{16}$ —	23
Verlust im destillirten Regenwasser bey einer Temperatnr von 16° De Luc —	$1\frac{5}{16}$ —	$125\frac{1}{2}$

2ter Versuch.

	Loth	Richtpfthle
Der Würfel im undestill. Regenwasser bey einer Temp. von 16° De Luc abgewogen verlor — — —	$1\frac{5}{16}$ —	128
in der Luft wog er —	$9\frac{11}{16}$ —	4

3ter

3ter Versuch.

Derselbe Würfel noch einmal in destill. Regenwasser von 16° De Luc abgewogen	Loth	Richtpfthle
verlor — — —	$1\frac{5}{16}$ —	$125\frac{1}{4}$

Der Drath, an welchem der Würfel in iedem dieser Versuche aufgehängt war, verlor allein, eben so tief in das Wasser eingetaucht — — 5 Richtpfenningstheile. Zieht man diese von dem Verlust in den drei vorstehenden Versuchen ab, so erhält man aus dem ersten und dritten, das Gewicht eines pariser Cubikzolles destillirten Regenwassers bey einer Temperatur von 16° De Luc

1 Loth	=	240 Gran Cöllnisch
$\frac{5}{16}$	=	75
$120\frac{1}{2}$ Richtpfthle	=	8
		323 Gran Cöllnisch

Markgewicht. Das gibt für einen pariser Cubikfuß 72 Pf. 10 Unz. 384 Gran = 72, 675 Pf. Cölln.

Aus der Vergleichung des ersten und zweiten Versuchs ergibt sich das Verhältniß des specifischen Gewichtes vom destillirten Regenwasser bey einerley Temperatur von 16° = $5496\frac{1}{2}$: 5499.

Um meine Resultate mit den bisher von andern Physikern angegebenen besser vergleichen zu können, habe ich mir die Mühe genommen, die mir bekannten Bestimmungen des specifischen Gewichtes des Wassers, in pariser Maaß, und Troys Gewicht, das Pfund zu 16 Unzen gerechnet auszudrücken. Zur Reduction habe ich mich der eisenschmidtischen Verhältnisse von Maas nnd Gewichten bedienet, so wie sie Karstens in seinen Anfangsgründen der Rechenkunst XV. Abschnitt angibt.

Ein pariser — duodec. Brunnenwasser wiegt nach		Cubikzoll Grain	— Cubikfuß Pfnnd
* Wolf (nüzl. Vers. 1 Th. 12 S.)		371,85	— 69,724
Regenwasser nach Muschenbroek und Karstens (Hydrost. IV. Abschn. S. 183.) — —		375,79	— 70,46
nach * Karstens neuerem Versuch (Anleit. zur gem. Kenntniß der Nat. §. 42.) reines destill. Regenwasser bey 60°—70° Fahrh. — — —		368,11	— 69,015
nach Muschenbroek	(Gehl. phys. Wörterb. Art. Wasser)	376,05	— 70,508
— s,Gravesande		377,33	— 70,748
— de Volder		376,44	— 70,582
— Eisenschmidt		369,6	— 69,300

nach

	Grain	Pfund
nach Kirwan (phys. chem. Schr. 3. B. S. 48.) bey 62° Fahrenheit — — —	375,5 —	70,321
nach Hales — — —	375,79 —	70,46
nach Lavoisier, Brisson, so wie deu meisten französischen Schriftstellern — — —	373,33 —	70,000
nach meineu obigen Vers. dest. Regenwasser bey (16° D. L.)	370,27 —	69,426
undest. Regenwasser von derselben Temperatur —	370,44 —	69,458
V.) Brunnenwasser von derselben Temperatur — —	370,6 —	69,501
nach Du Hamel (pract. Anl. z. Schiffbau) Wasser aus der Seine bey 6° Temp. — — —		69,594

§. 6.

Die mit * bezeichneten Versuche von Wolf und Karstens sind mit vieler Genauigkeit angestellet worden, und ich halte es für ein günstiges Vorurtheil, daß meine Versuche gerade in die Mitte von beyden fallen.

Doch stimmt die Wolfische Angabe noch viel genauer mit der meinigen überein, als die Kar-

stensche, wie folgende Betrachtung lehret. Ich habe das Verhältniß des specifischen Gewichtes vom Brunnenwasser zum destillirten Regenwasser, da beyde die Temperatur von $18\frac{1}{2}°$ hatten, bestimmt, und dieselbe = 53955 : 53895 gefunden. Hiernach habe ich das mit V.) bezeichnete Gewicht des Brunnenwassers berechnet. Es beträgt auf den Cubikzoll nur 1,25 Gran mehr als Wolfs Angabe. Wolf hat die Temperatur des Wassers bey seinem Versuch nicht angegeben. Sezt man voraus, es sey ganz frisch aus dem Brunnen genommen worden, so ist wohl die Wärme desselben nicht über 10° De Lüc = 54, 5° Fahr. gewesen. Nach der oben mitgetheilten kirwanschen Tabelle würde die Dichte des Brunnenwassers bey 10° = 54, 5° F. sich zur Dichte bey 16° = 68° F. verhalten = 253,34 : 253,015. Nach diesem Verhältniß finde ich das Gewicht des von mir gebrauchten Brunnenwassers 371,17 par. Grain, also nur um 0,68 Grain von der wolfischen Zahl verschieden.

Noch vollkommener stimmt Du Hamels Angabe mit den von mir angestellten Versuchen überein. Es ist dies der neueste Versuch, welcher mir über diesen Gegenstand bekannt geworden ist.

Du Hamel versenkte einen ganzen Cubikfuß Holz durch angehängtes Gewicht unter Wasser aus der Seine, und fand bey 6° Temperatur des Wassers den Cubikfuß = 69 Pf. 9 Unzen 4 Grain oder nach der obigen Angabe in Decinaltheilen des Pfundes = 69,594 Pf. Reduciret man dieses Gewicht nach Kirwans Tafel auf die Temperatur von 16° De Lüc so findet sich das Gewicht eines par. Cubikfusses = 69,472 Pf. Also der Cubikfuß Seinen- oder Flußwasser 0,014 Pf. schwerer als undestellirtes Regenwasser, und 0,029 Pf. leichter als Brunnenwasser, bey einerley Temperatur. Eine vollkommnere Uebereinstimmung läßt sich wohl bey Versuchen dieser Art nicht erwarten.

Versuche das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft betreffend.

§. 7.

Ungeachtet ich viele Versuche über diesen Gegenstand angestellt habe, so hat mir doch keiner eine völlig befriedigende Gewißheit gewähret.

Die

Die Erzählung derselben kann dazu dienen, die Fehler in gehöriges Licht zu setzen, welchen die Methode das specifische Gewicht der Luft durch die Luftpumpe zu bestimmen, unvermeidlich ausgesezt ist.

Die gläserne Kugel, deren ich mich zum Abwägen der Luft bediene enthält 41 par. Cubikzolle. Dies ist zwar nur der 42te Theil eines Cubikfusses, da ich aber das Gewicht der in der Kugel enthaltenen Luft bis auf $\frac{1}{4}$ Richtpfenningstheil, oder $\frac{1}{68}$ Gran durch die in der ersten Abh. beschriebene Wage genau finden kann, so beträgt der von der Kleinheit des Gefäßes herrührende Fehler auf den Cubikfuß noch keinen Gran, und das ist sehr unbeträchtlich gegen die übrigen, bey diesen Versuchen eintrettenden Fehler.

Die Luftpumpe, wodurch ich die Kugel evacuirte, bewirkte, bey Anstellung der Versuche, eine nicht mehr als 100fache Verdünnung. Diese verdünnende Kraft hielte ich nicht für hinlänglich, um das Gewicht der nach der Verdünnung zurückbleibenden Luft völlig ausser Acht zu lassen. Ich wählte das in solchen Fällen, wenn ich nicht irre, von Nairne zuerst vorgeschlagene Verfahren den Hahnen der ausgepumpten Kugel unter Wasser

zu öfnen, damit der Druck der Atmosphäre denselben Raum mit Wasser erfülle, welchen vorher die durch das Evacuiren weggebrachte Luft eingenommen hatte. Aus der Vergleichung der Gewichte dieser gleich großen Mengen von Wasser und Luft, ergibt sich unmittelbar das specifische Gewicht der leztern, in Beziehung auf das Wasser.

§. 8.

Folgendes enthält die Resultate von drei auf diese Weise angestellten Versuchen.

1ter Versuch.

Temp. des gebrauchten Regenwassers = 16° De Lüc.

Stand des Bar. — des Therm. nach De Lüc
27″ 9¾‴ — 17°

des sauss. Hygrom.
78°

		Loth	Richtpfthle
Gewicht der Kugel voll Luft		$21\frac{1}{16}$ —	326
— der ausgepumpten Kugel — — —		$21\frac{1}{16}$ —	72
Gewicht der Luft —			254
Gewicht der mit Wasser gefüllten Kugel — —	2 Pf.	$9\frac{1}{2}$ — —	88
Gewicht des Wassers —	1 —	$20\frac{7}{16}$ — —	16

Ich

Ich setze der Kürze wegen bey den übrigen Versuchen, wo eben so verfahren wurde, nur das Gewicht des Wassers und der Luft hin.

2ter Versuch.

Temp. des gebrauchten Wassers 19° D. L.

Stand des Bar.		des Therm.		Hygrom.
$27''9\frac{1}{8}'''$	—	19°	—	$86\frac{1}{4}$°

Gewicht der Luft — — — 266 Richtpfthle

	Pf.	Loth		Richtpfthle
— des Wassers	1	$18\frac{12}{16}$	—	35

3ter Versuch.

Temp. des gebrauchten Wassers 17°

Stand des Bar.		Therm.		Hygrom.
$27''10\frac{11}{16}'''$	=	19°	—	$74\frac{3}{8}$°

Gewicht der Luft — — — Richtpfthle 254

	Pf.	Loth		Richtpfthle
— des Wassers	1	$21\frac{7}{16}$	—	179

Wenn man in iedem dieser Versuche das Gewicht des Wassers durch das Gewicht der Luft dividiret, so erhälet man für den 1ten Versuch

$\frac{214880}{266} = 846$, oder die Luft 846mal leichter als das gebrauchte Wasser.

2ten Versuch.

$\frac{207887}{266} = 782$, oder die Luft 782mal leichter als das gebrauchte Wasser.

3ten Versuch.

$\frac{219077}{254} = 863$, oder die Luft 863mal leichter als das gebrauchte Wasser.

§. 9.

Der Unterschied der Zahlen, welche das Gewicht der Luft ausdrücken, in diesen drei Versuchen ist allzugroß, als daß er blos von der verschiedenen Beschaffenheit der Luft herrühren könnte. Wenn man aber die Gewichte der ausgepumpten Luft, und des ihre Stelle einnehmenden Wassers in den drei Versuchen miteinander vergleicht, so eräth man bald die Ursache dieses Unterschiedes. Auffallend ist nämlich die Verschiedenheit in der Menge von Wasser, ungeachtet das an der Luftpumpe angebrachte Heberbarometer in jedem Versuche einerley Verdünnung angab. Anfänglich glaubte ich der Grund liege in der verschiedenen Erkältung, und Zusammenziehung der in der Kugel zurückgebliebenen Luft welche durch das eindringende Wasser bewirkt worden sey. Da aber die Temperatur des Wassers im 2ten Versuche gar nicht, und in den beyden

den andern nur so wenig von der Temperatur der Luft verschieden war, daß die davon herrührende Erkältung fast für nichts zu rechnen ist, auch übrigens bey den Versuchen alle Vorsicht gebraucht wurde, damit weder das Wasser durch ein Uebergewicht eines Druckes von aussen hineingepresset, noch die eingeschlossene Luft durch die Wärme der Hand ausgedehnet wurde: so muß die Verschiedenheit der Menge des eingedrungenen Wassers, wohl größtentheils, der Niederschlagung der während dem Evacuiren in der Kugel erzeugten Dämpfe zugeschrieben werden. Nun kann aber die verschiedene Niederschlagung der Dämpfe, entweder von einer wirklichen Verschiedenheit in ihrer Menge, oder von einer verschiedenen Zersezzung derselben herrühren. Daß beyde Fälle in meinen Versuchen eingetretten seyn mögen, macht folgendes wahrscheinlich. Wenn die Dämpfe durch das eindringende Wasser gänzlich wären zersezt worden, so würden die Mengen von Wasser mit der ausgepumpten Luft in einerley Verhältniß stehen, und zugleich müßte das Gewicht der ausgepumpten Luft mit den Gewichten des Wassers, wo nicht völlig, doch einigenmaßen proportional seyn, weil das specifische Gewicht der Dämpfe, welche an die Stelle der Luft tretten, beträchtlich geringer ist, als das specifische Gewicht der Luft. Keines von beyden findet statt; denn

in

in dem 2ten Versuch gehöret zum größten Gewichte der Luft, das kleinste des Wassers, und in dem ersten und lezten Versuche sind die Gewichte der Luft gleich, die Gewichte des Wassers ungleich.

§. 10.

Ich habe mich von der Vermuthung, daß so wohl die Menge der Dämpfe, als auch ihre Zersetzung, durch das Wasser bey diesen Versuchen verschieden ausfalle, durch nahestehende, in dieser Absicht angestellte Versuche noch mehr überzeugt. Ich troknete die Kugel in zwei verschiedenen Versuchen durch Erwärmung so gut als möglich aus, und brachte sie noch ganz warm auf die Luftpumpe, evacuirte so lange, bis das Baromoter genau eine 25fache Verdünnung angab, öfnete darauf den Hahnen unter Wasser, und wog alsdann die Kugel nebst dem eingedrungenen Wasser. Ich fand

	Gewicht des Wassers und der Kugel
im 1ten Versuch	2 Pf. 10 Loth weniger 32 Rtpfle
— 2ten Versuch	2 — $9\frac{1}{2}$ — + 240 —

Nun befeuchtete ich die inwendige Seite der Kugel vor dem Evacuiren mit Wasser und verfuhr übrigens eben so, da fand ich

im

	Gewicht des Wassers und der Kugel	
im 1ten Versuch	2 Pf.	$10\frac{3}{4}$ Loth
— 2ten Versuch	2 —	$10\frac{11}{16}$ —

Das bey diesen Versuchen gebrauchte Wasser, hatte beständig die Temperatur der umgebenden Luft, nämlich 22°.

Es erhellet, daß in den Versuchen mit der ausgetrokneten Kugel der Unterschied in dem Gewichte des eingedrungenen Wassers viel größer ist, als in den Versuchen mit der angefeuchteten Kugel. Dieses erkläret sich leicht, wenn man annimmt, in den lezteren Versuchen haben die in der angefeuchteten Kugel entstandenen Wasserdämpfe, den aus dem Körper der Pumpe aufsteigenden Oeldämpfen widerstanden, und die Kugel sey also nach dem Evacuiren blos mit Wasserdämpfen erfüllet gewesen. Da sich nun diese durch die unmittelbare Berührung des Wassers völlig zersetzen, so mußten die eingedrungenen Wassermengen den Mengen der ausgepumpten Luft proportional seyn.

Der Unterschied von $\frac{1}{16}$ Loth kann vielleicht von den noch beygemischten Oeldämpfen herrühren. In den Versuchen mit der ausgedrokneten Kugel war dieselbe nur allein, oder doch größten

Theils,

Theils, mit Oeldämpfen aus der Luftpumpe erfüllet. Nimmt man an, diese zersetzen sich durch das in die Kugel dringende Wasser ungleichförmig, so konnte hiervon der beträchtliche Unterschied von ½ Loth in dem Gewichte des Wassers herrühren.

Ungeachtet nun bey einer stärkern Verdünnung, als die hier gebrauchte, der aus der verschiedenen Zersetzung der Dämpfe entstehende Fehler geringer werden muß, so wird er doch selbst bey einer zweihundertfachen Verdünnung nach dem Borometer noch beträchtlich genug seyn, um dieses Verfahren unsicher zu machen. Vorzüglich da, ausser den Dämpfen, auch noch die, aus dem in die evacuirte Kugel eindringenden Wasser, sich entbindende Luft Unrichtigkeiten veranlassen kann, wenn man gleich das zu diesen Versuchen gebrauchte Wasser vorher, so viel möglich, von Luft gereiniget hat.

§. 11.

Aus diesen Gründen kehrte ich zu der gewöhnlichen Methode, das specifische Gewicht der Luft zu bestimmen, zurück. Ich evacuirte nämlich das zuvor durch Wärme ausgetroknete

Gefäß,

Gefäß, so gut als thunlich war, wog es, ließ Luft hinein, und wog es wieder. Der Unterschied von beyden Gewichten, gab das Gewicht der ausgepumpten Luft. Den Raum derselben suchte ich nach der Angabe der Birnprobe zu schätzen. Wäre diese Angabe zuverläßig, so müßte dieses Verfahren vollkommen genau seyn, weil die Dämpfe keinen Einfluß auf das Gewicht der Luft haben können, indem sie in dem verdichteten Zustande eben so viel wiegen, als in dem elastischen. Das zu erläutern sey P das Gewicht des Gefäßes, p der ausgepumpten Luft, π der Dämpfe; so ist das Gewicht des ausgeleerten Gefäßes $P + \pi$, nachdem Luft hineingedrungen $P + \pi + p$; das erste vom lezten abgezogen gibt p oder das Gewicht der Luft.

Daß aber die Angabe der Birnprobe nicht ganz zuverläßig sey, werden nachstehende Versuche zeigen.

1ter Versuch.

Stand des Barom.	Therm.	Hygrom.
28″ 1 $\frac{6}{16}$‴	15°	$86\frac{1}{2}$°

Gewicht der ausgepumten Luft

20¼ Loth 155¾ Rchtpfthle

— der hinzugelassenen Luft 269½ —

2ter

2ter Versuch.

Stand des Barom. Therm. Hygrom.

wie vorher

Gewicht der ausgepumpten Kugel

20 $\frac{3}{4}$ Loth 158 $\frac{3}{4}$ Rchtpfthle

— der hinzugelassenen Luft 263 —

In beyden Versuchen gab das Barometer eine 48fache, die Birnprobe eine 66fache Verdünnung, ungeachtet den Gewichten nach zu urtheilen die Verdünnung in dem ersten Versuch stärker, als in dem lezten war. Es ist merkwürdig, daß die Gewichte der ausgepumpten Kugel mit den Gewichten der hinzugelassenen Luft nicht übereinstimmen, denn nach einem Verhältniß hätte die hinzugelassene Luft im 2ten Versuche statt 263, 266 Richtpfenningstheile wiegen müssen, wenn man das Gewicht des ersteren Versuchs als das richtigere annimmt. Doch auch in diesem Fall würden die Gewichte der Luft nicht mit den Angaben der Birnprobe übereinstimmen, und so, wie sie wirklich gefunden worden sind, stimmen sie noch weniger damit überein. In dem ersten Versuche scheinen, bey gleicher Angabe der Birnprobe, mehr Dämpfe vorhanden, oder gewiß mehrere zersezt geworden zu seyn, als in dem zweiten. Den §. 10. angeführten Versuchen nach zu urtheilen

len ist es nicht wahrscheinlich, daß das in die Birnprobe dringende Quecksilber alle darinn enthaltenen Dämpfe zersetze, und noch viel weniger läßt sich dieß von der in größere Gefäße eindringenden Luft erwarten. Hier gibt vielmehr die zuerst hineingedrungene Luft, welche sich alsbald mit den noch unzersezten Dämpfen vermischt, ein Hülfsmittel ab, wodurch diese sich desto leichter in ihrer elastischen Form erhalten. Diese unrichtige Angabe der Birnprobe, und die noch ungleichförmigere Zersetzung der Dämpfe in grössern Gefäßen ist glaube ich, eine der vorzüglichsten Ursachen, welche die Untersuchung des specifischen Gewichtes der Luft, durch die Luftpumpe, unsicher machen. Folgende Versuche werden diese Schlüsse noch mehr rechtfertigen.

§. 12.

3ter Versuch.

Stand des Barom.	Therm.	Hygrom.
27″ 9 $\frac{6}{16}$‴	16 $\frac{1}{2}$°	92°

Verdünnung nach der Birnprobe 62fach. Die Verdünnung nach dem Barometer wurde zu bemerken vergessen.

Gewicht der hinzugelassenen Luft — 259 $\frac{1}{4}$ Rchtpfle

4ter

4ter Versuch.

Stand. des Bar.	Therm.	Hygrom.
$27'' \, 11\frac{2}{16}'''$	$15\frac{3}{4}°$	$92\frac{1}{4}°$

Verdünnung nach dem Barometer 42fach

— nach der Birnprobe 90fach

Gewicht der hinzugelassenen Luft 260 Rchtpfthle.

Berechnet man aus den vier angeführten Versuchen das ganze Gewicht der in der Kugel enthaltenen Luft, so gibt das für

den 1ten Versuch Richtpfthle

$$269{,}5 + \frac{269{,}5}{65} = 273$$

den 2ten Versuch

$$263 + \frac{263}{65} = 267$$

den 3ten Versuch

$$259{,}25 + \frac{259{,}25}{61} = 263\frac{1}{4}$$

den 4ten Versuch

$$260 + \frac{260}{89} = 263$$

Das Gewicht des, den Raum der Kugel einnehmenden, Regenwassers war bey einer Temperatur von 16° = 223311 Richtpfenningstheile.

Dieß gibt die Luft nach dem

1ten Versuch 818mal leichter als Wasser

2ten Versuch 836,6mal leichter als Wasser

3ten Versuch 849mal leichter als Wasser
4ten Versuch 849mal leichter als Wasser.

Nach dem Mittel aus allen vier Versuchen 838mal leichter als Wasser.

Mein Bruder in Darmstadt hat auf mein Verlangen mit einer vollkommeneren Luftpumpe, als die meinige, mit den beschriebenen ganz ähnliche Versuche über das specifische Gewicht der Luft angestellet, deren Resultate ich ebenfalls hier beyfügen will.

1ter Versuch.

Stand des Bar.	Therm.	stille heitere und nicht sehr feuchte Luft.
27″ 6‴	13°	

Gewicht der zugelassenen Luft 129 Richtpfthle
Verdünnung nach dem Barometer $49\frac{1}{2}$fach
— nach der Birnprobe 68fach.

Das ganze Gewicht der Luft

$$129 + \frac{129}{68} = 131 \text{ Richtpfthle}$$

die metallene Kugel enthielt 19,459 par. Cubikzolle, das Gewicht des Brunnenwassers, welches den Raum der Kugel einnahm, bey einer Temperatur von 13° war = 107,049 Richtpfthle, also die Luft 817mal leichter, als Wasser.

2ter Versuch.

Stand des Bar.	Therm.	Zu Anfang des
27″ 3‴	13°	

Ver-

Versuches wehte ein heftiger Sturmwind aus Südwesten, welcher sich legte, und das Barometer stieg in einer Stunde um $\frac{1}{2}'''$. Die gläserne Kugel, worinn die Luft abgewogen wurde, enthielte 271,061 Richtpfthle Regenwasser bey einer Temperatur von 12°, ihr körperlicher Raum betrug also, nach dem oben angegebenen specifischen Gewichte des Wassers, 130,936 par. Cubikzolle. Die Verdünnung nach dem Barometer war 163,5fach, nach der Birnprobe 180fach, das Gewicht der hinzugelassenen Luft = 306 Richtpfthle, das Gewicht aller in der Kugel enthaltenen Luft $306 + \frac{306}{180} = 308$ Richtpfthle. Die Luft wäre nach diesem Versuche 880mal leichter, als Regenwasser.

§. 13.

Der lezte von meines Bruders Versuchen gibt die Luft sehr viel leichter, als der erste an, bestärkt aber eben dadurch meine oben geäusserte Muthmaßung: daß in größeren Gefäßen die Zersetzung der Dämpfe sehr viel unvollkommner, als in kleineren, und in der Birnprobe von statten gehe. Die im ersten Versuche gebrauchte metallene Kugel betrug nur den 7ten Theil der gläsernen bey dem 2ten Versuche. Doch will ich damit

keinesweges behaupten, daß die oben angegebene Ursache, die einzige von der Verschiedenheit dieser Versuche sey. Verschiedene Beschaffenheit der Luft selbst, und vorzüglich verschiedene chemische Mischung derselben, die sich noch zur Zeit durch keines unserer metereologischen Instrumente (das Eudiometer mitgerechnet) genau messen läßt, tragen gewiß auch dazu bey. Hierzu kommen denn noch andere kleine Fehler bey Anstellung der Versuche, z. B. Erwärmung der Gefäße durch die Hand, und noch mehr Erwärmung derselben durch die Zersetzung der Dämpfe. Die lezte beträgt iedoch auch nicht über $1\frac{1}{2}°$ — 2°. Aus diesem allen läßt sich begreifen, warum die Luftpumpe das Gewicht der Luft fast durchgehends leichter angibt, als das Barometer. Nach Herrn De Lücs Untersuchungen über die Höhenmessung durch das Barometer findet sich die Luft bey 28″ $1\frac{6}{16}$‴ Bar. St. und 15° Wärme, gerade 800mal leichter als Wasser. Herr Kirwan (am a. O. S. 246.) gibt nach Herrn Schuckburgh's barometrischen Bestimmungen, die Luft 816mal leichter als Wasser, bey 50° — 60° Wärme nach Fah. und 29,5″ bis 30″ Bar. St. an. Er erinnert dabey, daß er die Luft durch Abwiegen, nur weniges leichter gefunden habe, hält aber

Be-

Bestimmung durch das Barometer für sicherer. Dieß scheint zwar auch aus den obigen Versuchen zu erhellen, doch könnte das Barometer die Luft etwas zu schwer angeben, und um mit Gewißheit zu entscheiden, welches von beyden die richtigste Methode sey, bedürfte es eigentlich einer dritten, welche unabhängig von beyden, und, wo möglich, genauer als iede derselben wäre.

§. 14.

Folgende Anwendung des bekannten guerickischen Manometers könnte vielleicht dazu dienen, diese Aufgabe genauer, als bisher, aufzulösen. Man bringe an einer empfindlichen Wage ein großes hohles Gefäß, dessen innerer Raum vor dem Zutritt der äusseren Luft völlig verschlossen ist, mit einem kleinen Gegengewicht bey einer gewissen Beschaffenheit der Luft ins Gleichgewicht. Aendert sich diese Beschaffenheit, wird die Luft z. B. leichter, so sinkt das hohle Gefäß, dessen Raum = A heißen soll, an der Wage herunter. Das, zur Wiederherstellung des Gleichgewichts, vermehrte Gegengewicht gibt den Unterschied der Gewichte von zwei gleichgroßen Luftmassen $P - p = d$ an, welche beyde den Raum A einnehmen. Wüßte man auch das Verhältniß $P : p$, so ließ sich

sich aus diesen beyden Gleichungen P und p finden. Wenn alle übrige Umstände bey der Luft einerley sind, so verhält sich P : p wie der äussere Druck, d. i. wie die Barometerstände = B : b. Man beobachte daher eine Zeitlang iedesmal das Barometer, Thermometer, Hygrometer, Manometer und Eudiometer zugleich, und nehme solche durch das Manometer gefundene d, welche sich bey gleichen Graden des Thermometers, Hygrometers, Eudiometers, aber bey ungleichen Barometerständen ergeben.

Die beyden Gleichungen $P : p = B : b$
und $P - p = d$

geben $P = \frac{bd}{B-b}$, $P = \frac{Bd}{B-b}$.

Ist nun der Raum A bekannt, so geben $\frac{P}{A}$, $\frac{p}{A}$ die specifischen Gewichte der Luft, für die Barometerstände B und b. Die vorausgesezten Umstände werden sich freilich etwas selten ereignen, und also eine lange Reihe von Beobachtungen erfodern. Indessen wird die aufgewandte Mühe immer belohnet werden, weil man dadurch nicht allein das specifische Gewicht der Luft unter verschiedenen Umständen kennen lernte, sondern zu gleicher Zeit Aufschlüsse über die comparativen Aenderungen von Wärme, Dichte, Federkraft, Feuchtigkeit und Reinigkeit der Luft erhalten würde.

Da

Da man die Ausdehnung der Luft durch die Wärme schon ziemlich genau kennt, so ließen sich auch die zu verschiedenen Thermometer- und Barometerständen gehörige d, wenn nur alles übrige gleich wäre, auswählen.

Gebrauchte man ein sehr empfindliches Luftthermometer, so würden die Gewichte gleicher Luftmassen P; p in dem directen Verhältnisse der Barometer, und dem umgekehrten der Thermometerstände seyn. Heißen die lezten E und e, so hat man $P : p = Be : Eb$ und

$$P = \frac{d. Be}{eB - Eb}. \quad p = \frac{d Eb}{eB - Eb}.$$

Ich habe mir vorgenommen selbst eine Reihe solcher Beobachtungen anzustellen, und werde, wenn anders der Erfolg meinen Erwartungen entspricht, die daraus gefundenen Resultate bekannt machen.

§. 15.

Da es blos darauf ankommt Verhältniß und Unterschied der Gewichte von gleich großen Luftmassen zu finden, so ließ sich ein Instrument erdenken, welches beyde angäbe.

Es beruhet auf folgenden hydrostatischen Lehrsätzen.

1.)

1.) Bey gleichen Räumen der eingetauchten Körper verhalten sich die Verluste an Gewicht, wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, worinnen sie eingetaucht sind.

2.) Bey ungleichen Räumen und gleichen Gewichten der eingetauchten Körper, verhalten sich die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt wie die Räume.

Man verfertige einen hohlen Körper A, Tab. III. Fig. 20. der sich in einen kleineren cylinderförmigen B endigt. Ueber den lezteren muß ein dritter C luftdicht hin und her verschoben werden können. B selbst sey in Theile getheilet, die ein bekanntes Maß zum ganzen Körper haben. z. B. $\frac{1}{60}$, $\frac{2}{60}$, $\frac{3}{60}$ u. s. w. Dieses Instrument werde an eine Wage, wie ein gewöhnliches Manometer, ins Gleichgewicht gebracht, C stehe auf 0, und der ganze Körper halte alsdann z. B. einen halben Cubikfuß. Verändert sich nun der Zustand der Luft, ich will annehmen sie werde schwerer, so steigt der Körper A an der Wage in die Höhe, und man erhält durch die Verminderung des Gegengewichts, nach wiederhergestelltem Gleichgewichte, den Unterschied der Gewichte eines halben Cubikfußes Luft. Nun lege man das weggenommene Gegengewicht wieder hinzu, und rücke C über B so lange hinein, bis die Wage aber-

abermals ins Gleichgewicht kommt. Das Verhältniß der Räume des Körpers A in dem 1ten und 2ten Stande von C ist das umgekehrte der specifischen Gewichte der Luft, oder hier der Gewichte eines halben Cubikfußes Luft. Aus dem so gefundenen Verhältnisse und Unterschiede der specifischen Gewichte der Luft lassen sich diese Gewichte selbst, nach den Formeln des vorhergehenden Paragraphs, leicht berechnen.

§. 16.

Die Vorzüge dieses Verfahrens vor dem zuerst beschriebenen sind folgende. Man erhält dadurch das Gewicht der Luft, unabhängig von dem Gebrauche der metereologischen Instrumente, und kann also sehen, in wie fern der Gang dieser Instrumente mit den Aenderungen des Gewichtes der Luft zusammenhängt. Die zuerst beschriebene Methode sezt ferner voraus, daß die Gewichte von gleichen Luftmassen, bey übrigens gleichen Umständen sich wie die äussere Zusammendrückungen oder wie die Stände des Barometers verhalten.

Dieser Satz ist, so viel die Erfahrung lehret, richtig, aber die genaue Bestimmung der Bedingungen, unter welchen er blos richtig ist, möchte Schwierigkeiten unterworfen seyn. Denn, wie

wie ich schon oben erinnert habe, läßt sich die chemische Mischung der Luft noch durch kein bis iezt bekanntes Werkzeug genau angeben.

Ehe ich diese Untersuchung endige, muß ich noch einiges über die mechanische Ausführung des vorgeschlagenen Manometers sagen. Der Körper A muß natürlicherweise bey einem beträchtlichen Volumen hinlänglich leicht seyn. Die Kugelgestalt, da sie bey der kleinsten Fläche den größten Raum einschliesset, und auch dem Drucke der Luft am gleichförmigsten wiedersteht, scheint die beste für diesen Körper zu seyn. Ich würde daher zum hohlen Körper A eine Kugel, aus dünnem Messingblech verfertigt, wählen. Die Theile B und C müßten, um die luftdichte Bewegung hervorzubringen, stärker seyn; sie brauchten aber auch nur $\frac{1}{10}$ des ganzen Körpers auszumachen, da die Aenderungen in dem specifischen Gewicht der Luft (wenn man anders das Instrument nicht auf hohen Bergen brauchen wollte) gewiß nicht mehr betragen.

Aus dem nur angeführten Grunde, der Leichtigkeit wegen, darf auch das Ganze nicht luftleer seyn, weil sonst der starke Druck von aussen einen stärkern Widerstand von der Materie des hohlen Körpers erforderte, welches ohne Vermehrung des Gewichtes nicht wohl bewerkstelligt werden

könnte.

könnte. Endlich muß der innere Raum der drei Theile A, B und C miteinander Gemeinschaft haben, damit, wenn C luftdicht herausgezogen wird, keine beträchtliche Verdünnung innerhalb, und eben dadurch kein starker Druck von aussen entstehen könne, der zugleich die Bewegung von C ausserordentlich erschweren würde. Ich gestehe gern ein, daß die vollkommene Ausführung aller dieser Forderungen Schwierigkeiten verursachen werde. Ich halte aber diese Schwierigkeiten nicht für unüberwindlich, und übergebe daher meinen Vorschlag der Prüfung der Naturforscher und Künstler, damit er unter geschickteren Händen, als den meinigen, desto eher znr Wirklichkeit gebracht werde.

Anhang.

§. 17.

Nachdem ich das Vorhergehende schon geschrieben hatte, kam mir erst der Februar von Rozier's Journal der Physik für 1790. zu Gesicht, worinnen Herr von Saussüre, der Sohn des berühmten genfer Physikers, eine Reihe sehr schöner

ner Versuche über die Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen beschreibt.

Diese Versuche wurden theils mit einem Pendel, aus dessen Schwingungen man auf den Widerstand, und von diesem auf die Dichtigkeit der Luft schloß, theils mit einem Manometer, nebst Zuziehung des Barometers, Thermometers, und Hygrometers angestellt. Durch diese Versuche sucht Herr v. S. den Satz zu beweisen: daß die Dichtigkeit der Luft, bey einerley Wärme und Feuchtigkeit, dem Stande des Barometers oder dem äusseren Drucke proportional sey.

Da die manometrischen Versuche (wenn man die unterlassene Beobachtung des Eudiometers ausnimmt) gerade so angestellt sind, wie ich dieselben §. 14. anzustellen vorgeschlagen habe; so wird wohl eine kurze Erzählung derselben, mit Anmerkungen und Folgen daraus begleitet, hier nicht am unrechten Orte scheinen.

§. 18.

Der gläserne Ballon, dessen sich Herr v. S. als Manometer bediente, war eine abgeplattete Ellipsoide, deren Inhalt 1053,95 par. Cubikzolle betrug. Er wurde hermetisch verschlossen an eine Wage aufgehängt, welche so belastet noch $\frac{1}{2}$

Grain

Grain ausschlug. Der Ballon wog bey 27 Zoll Bar. St. 11,5° Therm. 75° Hygr. 18723 Grain. Um zu beurtheilen, ob die bey verschiedenen Barometerständen vermittelst des Ballons beobachten Dichten der Luft den äusseren Zusammendrückungen proportional wären, suchte Herr v. S., indem er diesen Satz voraussezte, die Aenderungen in dem Gewichte des Ballons, für gegebene Aenderungen des Barometerstandes, durch Rechnung zu bestimmen. Er suchte in dieser Absicht das Gewicht der Luft, die den Raum des Ballons einnahm, zwischen den Barometerständen von 28″ und 28″ 1‴ dadurch, daß er die Höhe der Luftsäule, welche dem Unterschiede dieser Barometerstände zugehöret, nach der bekannten mayerischen Formel für das Höhenmessen durch das Barometer berechnete. Diese Formel nimmt er iedoch, nach Herrn Trembleys Untersuchungen, nur bey einem Thermometerstande von 11,5° (auf welchen alle Beobachtungen reduciret wurden) für richtig an. Das Gewicht von 1053,95 Cubikzoll Luft fand er so, den Cubikfuß Quecksilber = 950 Pf. gesezt, 477,45 Grain; und für dieselbe Menge von Luft zwischen den Barometerständen von 27″ und 27″ 1‴, nach einer ähnlichen Rechnung, 461,79 Grain. Der Unterschied dieser Gewichte = 15,66 Grain gehöret zu einem Unter-

schiede

schiede von 12''' B. St., und gab das Verhältniß ab, wonach, für ieden andern Unterschied in den Barometerständen, der Unterschied in den Gewichten des Ballons berechnet wurde.

Ich habe diese Rechnungen auf dieselbe Weise, nur so viel möglich scharf, mit Logarithmen geführt, und finde das Gewicht der Luft bey 28'' = 477,9 Grain, bey 27'' = 461,89 Grain. Dieses gibt 16,01 Grain Unterschied in dem Gewichte des Ballons für 12''' Barometerstände. Da diese Abweichung von der saussürischen Angabe für die gegenwärtige Anwendung nicht ganz unbeträchtlich ist, so werde ich mich bey den folgenden Reductionen des Verhältnisses 12 : 16 bedienen.

§. 19.

Der Einfluß der Wärme auf die Dichte der Luft ist nach Herr v. S. nicht allein nach dem Stande des Thermometers, sondern auch nach dem Stande des Barometers verschieden. Die erste Verschiedenheit dieses Einflusses wurde bestimmt, indem man bey einerley Stande des Barometers und Hygrometers, aber bey verschiedenen Ständen des Thermometers die zu 5° der Wärme gehörigen manometrischen Aenderungen beobachtete. Dieses gab folgende Tafel. *)

Grade

*) Anmerk. Dürfte man voraussetzen, daß bey die-

Grade der Wärme				—	manometrische Aenderung
von 0°	zu 5°	geben	5°	—	8,3 Grain
— 5°	— 10°	—	5°	—	8,4 —
— 10°	— 15°	—	5°	—	8,5 —
— 15°	— 20°	—	5°	—	8,9 —
— 20°	— 25°	—	5°	—	9,4 —

Die zweite Aenderung in dem Einfluß der Wärme zu bestimmen stellte Herr v. S. folgenden Versuch an. Bey 27″ Barometerstand geben 5° Wärme

---

diesen Versuchen die Beschaffenheit der Luft durch nichts, als die Wärme, geändert worden sey; so würde aus Herrn v. S. im Texte mitgetheilter Tafel folgen, daß die comparativen Ausdehnungen von Quecksilber und Luft durch die Wärme sehr verschieden wären. Nun sind aber die Ausdehnungen des Quecksilbers den Unterschieden der Wärme, wenigstens zwischen 0° und 80°, nach Herrn De Lücs Versuchen proportional. Die Ausdehnungen der Luft müßten also mit den Unterschieden der Wärme nicht in einerley Verhältnisse stehen, oder mit andern Worten, ein Quecksilber- und Luftthermometer, würden, auch zwischen 0° und 80° nicht einerley Gang haben. Diesem Satz widerspricht, so viel ich weiß, die Erfahrung; und ich werde aus diesem Grunde beynahe bewogen zu glauben, daß bey den saussürischen Versuchen, ausser der Wärme, andere Ursachen auf die Beschaffenheit der Luft Einfluß gehabt haben.

Wärme 8,5 Grain manometrische Aenderung. Eben diese 5° Wärme gaben bey 24″ Bar. St. 9,35 Grain, also 0,85 Grain mehr manometr. Aenderung für 3″ Abnahme im Barometerstand. Mehrere Versuche hierüber anzustellen verstatteten die Umstände nicht. Herr v. S. sezte daher voraus, dieser vermehrte Einfluß der Wärme sey der Abnahme des Barometerstandes proportional.

Um endlich die Einwirkung der Feuchtigkeit unabhängig von Wärme und Druck der Luft zu bestimmen, mußte bey einerley Stande des Barometers und Thermometers die durch die Feuchtigkeit bewirkte manometrische Aenderung beobachtet werden. Daraus ergiebt sich, daß 10° des Hygrometers zwischen 65° und 95° die Dichte der Luft welche den Raum des Ballons einnahm, nm 1 Grain verminderten, und daß diese Wirkuug der Feuchtigkeit in der Ebene, wie auf den Bergen dieselbe war. Nur wenn die Luft schon mit Feuchtigkeit beynahe gesättigt war, so wurde ihre Dichte durch dieselbe nicht weiter vermindert.

§. 20.

Herr v. S. hat auf einer im Sommer 1789. in

in die Gebirge von Valais unternommenen Reise mehr als 70 Versuche über die Dichte der Luft angestellt. Er wog den Ballon zwischen den Barometerständen von 28″ und 18″ 10‴ bey jedem halben Zolle Aenderung, und fand die durch die Gewichte des Ballons bestimmten Dichten der Luft, nach gehöriger Correction, in den Ebenen sowohl, wie in engen Thälern und auf den höchsten Bergspitzen ieberzeit den Ständen des Barometers proportional. Nimmt man diesen Satz als ausgemacht an, so erhellet, wie man nach §. 14. aus den gefundenen manometrischen Aenderungen und zugehörigen Barometerständen rückwärts auf das Gewicht der Luft zu den Zeiten der Beobachtungen schließen könne.

In dieser Hinsicht schreibe ich einige Beobachtungen aus der von Herrn v. S. mitgetheilten Tafel hier aus.

A

Namen der Oerter	Gewicht von 1053,95 C. Z. Luft	manometr. Aenderung	corrig. Bar.	Therm.	Hygrom.
Seyssel	483,29 Grain	21,50 Grain	27″ 10,103‴	5,7°	85°
Col de Valdobia	370,79 —	91,00 —	21″ 2,125‴	11,8°	74°
Corne Rouge	350,29 —	111,50 —	19″ 9,456‴	10,9°	77°
Pic Blanc	350,79 —	111,00 —	19″ 5,22″	7,7°	77°
Mont Cervin	340,79 —	121,00 —	18″ 10,25‴	8,5°	65°

Die

Die in der 2ten Columne angegebenen Zahlen gründen sich auf die Voraussetzung, daß das Gewicht von 1053,95 C. Z. Luft bey 27'' Bar. St. 11,5° Therm. und 75° Hygrom. 461,79 Grain nach §. 62. ist gefunden worden. Da also diese Zahlen nur dann richtig sind, wenn das Barometer das Gewicht der Luft genau angibt, so zog ich dieselben von 461,79 Gr. ab, um die durch unmittelbare Beobachtung gefundenen manometrischen Aenderungen zu erhalten. Dieses gab die Zahlen unter der Columne A, welche sich in Herrn v. S. Tafel nicht finden.

§. 21.

Um die wegen der Wärme und Feuchtigkeit nöthige Correction bey diesen manometrischen Aenderungen anzubringen, verfahre ich nach Herrn v. S. folgendermaßen.

Das Barometer stand bey Seyssel	27'' 10,103'''
hiervon abgezogen	27''
gibt Unterschied	10,103'''

Nach §. 18. geben 12''' Bar. St. 16 Grain manometrische Aenderung, also geben 10,103''' 13,47 Grain. Das Thermometer stand auf 5°, 7,

abgezogen von	11, 5
läßt Unterschied	5, 8°

 Von

Von diesen 5,8° sind 4,3° zwischen 5° u. 10°
— — 1,5° — 10 ; 15°
enthalten. 5° Wärme zwischen 5° ; 10°
geben 8,4 Grain manom. Aenderung zwischen
10° u. 15° 8,5 Grain — —
bey 27 Zoll Barometerstand. Da nun derselbe hier 27″ 10,103‴ war, so muß man nach §. 63. folgende Proportion machen (3″ = 36‴) : 10,103 = 0,85 : 0,239 Grain. Diese 0,239 Grain von 8,4 und 8,5 Gr. abgezogen, geben 8,161 und 8,261 Gr. für 5° Wärme zwischen 5° — 10° und 10° — 15°. Hiernach berechnet man den Einfluß der Wärme durch folgende Proportionen

5 : 8,161 = 4,3 : 7,94
5 : 8,261 = 1,5 : 2,478

Einfluß der Wärme 9,518 Grain
Einfluß der Feucht.
für 10° des Hygrometers 1,000 Grain.

Der Einfluß der Wärme ist negativ, der Feuchtigkeit positiv, also wird
von 21,50 Grain
abgezogen 8,518 —

giebt 12,982 Grain manometr. Aenderung
nach der Beobachtung
13,47 — nach der Rechnung

0,488 Grain Unterschied.

Herr

Herr v. S. gibt für die manometr. Aenderung nach der Beob. 13,29 Gr.
nach der Rechnung 13,17 —

Unterschied 0,12 Gr.

Die Verschiedenheit unserer durch Rechnung gefundenen Zahlen rühret von der §. 18. angegebenen Ursache her. Der Unterschied der nach der Beobachtung gefundenen kommt wohl daher, weil Herr v. S. bey der Correction, für die Wärme und Feuchtigkeit die Decinalbrüche nur bis auf Zehentheile in Rechnung bringt.

Auf eine ganz ähnliche Weise habe ich die übrigen Beobachtungen der §. 20. angegebenen Tafel mit den durch Rechnung gefundenen Zahlen verglichen, daraus ergab sich folgendes.

Col de Valdobia.)
manom. Aend. nach der Berechnung 93,166 Grain
nach der Beobachtung 91,51 —

Unterschied 1,656 Grain

Corne Rouge.)
manom. Aend. nach der Rechnung 115,30 Grain
nach der Beobachtung 112,565 —

Unterschied 2,825 Grain

Pic.

Pic. Blanc.)

manom. Aend. nach der Rechn.	121,04 Grain
nach der Beob.	118,84 —
Unterschied	2,20 Grain

Mont Cervin.)

manom. Aend. nach der Rechn.	130,33 Grain
nach der Beob.	128,45 —
Unterschied	1,88 Grain

§. 22.

Die Uebereinstimmung zwischen den durch Rechnung und Beobachtung gefundenen manometrischen Aenderungen ist zwar in den angeführten Exempeln nicht durchgängig so groß, als sie Herr v. S. bey einer weniger scharfen Rechnung fand, aber immer noch hinlänglich, um den Satz zu bestättigen, daß bey übrigens gleichen Umständen, die Dichte der Luft den äusseren Zusammenpressungen proportional sey; vorzüglich, wenn man bedenkt, daß blos wegen der Wärme und Feuchtigkeit Correctionen angebracht worden sind.

Ich bediene mich daher der durch Beobachtung gefundenen manometrischen Aenderungen um nach §. 14. aus iedem der angeführten Exempel das Gewicht der Luft bey 27 Zoll Bar. St.

12,5°

11,5° Therm. 75° Hygrometer zu finden. Die Rechnung führe ich mit Logarithmen.

1tes Exempel. Seyssel

B = 27'' 10,103'''
b = 27''
B — b = 10,103'''
d = 12,982 Grain

Es wird $p = \frac{bd}{B-b}$ gesucht

log. 27'' = 324'''	=	2,5105450
log. 12, 982	=	1,1133416
	Summe	3,6238866
log. 10,103	=	2,0044504
log. 416,33 Gr.	=	2,6294362

Gewicht von 1053,95 C. Z. Luft = 416,33 Gr.

2tes Exempel. Col de Valdobia.

B = 27''
b = 21'' 2,125'''
B — b = 5'' 9,875''' = 69,875'''
d = 91,51 Grain

Es wird gesucht $P = \frac{Bd}{B-b}$

log.

log. 324‴ = 2,5105450
log. 91,51 = 1,9614686

Summe 4,4720136
log. 69,875 = 1,8443218
log. 424,32 Gr. = 2,6276918

Gewicht der Luft = 424,32 Grain.

3tes Exempel. Corn. Rouge.

B = 27″
b = 19 9,456‴
B — b = 7″ 2,544‴ = 86,544
d = 112,56 Grain
log. 324 = 2,5105450
log. 112,56 = 2,0513841

Summe 4,5619291
log. 86,544 = 1,9372370

log. 421,4 Gr. = 2,6246921
Gewicht der Luft = 421,4 Grain.

4tes Exempel. Pic. Blanc.

B = 27″
b = 19″ 5,22‴
B — b = 7″ 6,78‴ = 90,78‴
d = 118,84 Grain

log.

log. 324	=	2,5105450
log. 118,84	=	2,0749626
	Summe	4,5856076
log. 90,78	=	1,9579902
log. 424,25 Gr.	=	2,6276174

Gewicht der Luft = 424,25 Grain.

5tes Exempel. Mont. Cervin.

B = 27″
b = 18″ 10,25‴
B—b = 8″ 175‴ = 97,75‴
d = 128,45 Grain

log. 324	=	2,5105450
log. 128,45	=	2,1087341
	Summe	46192791
log. = 97,75	=	19901168
log. 425,76 Gr.	=	2,6291623

Gewicht der Luft = 425,76 Grain.

§. 23.

Die in den verschiedenen Exempeln für das Gewicht der Luft gefundenen Zahlen stimmen, die des 1ten Exempels ausgenommen, alle sehr gut miteinander überein.

Wenn man die Formel $p = \frac{bd}{B-b}$, blos p und d veränderlich gesezt, differentiiret, so ergibt sich leicht, daß ein in der Bestimmung von d begangner Fehler, sich zu dem daraus entstehenden Fehler in p verhalte wie $B - b : b$. Je kleiner also $B - b$ gegen b ist, desto ungewisser wird die Bestimmung von p. In dem ersten Exempel ist $B - b : b = 1 : 32$. Herrn v. S. Wage gab kein kleineres Gewicht als ½ Grain an. Ein solcher Fehler würde hier einen Fehler von 16 Grain in p geben. Ich lasse daher die Zahl des ersten Exempels weg, und nehme aus den übrigen das Mittel. Dieß gibt das Gewicht für 1053,95 C. Z. Luft unter den oben bestimmten Umständen 423,93 Grain. Dafür nehme ich in ganzen Zahlen an 1054 C. Z. wiegen 424 Grain. Ein Cubikfuß wiegt also bey 27″ B. St. 115° Therm. 75° Hygr. 695 Grain. Nach §. 18. findet man das Gewicht eines Cubikfußes Luft vermittelst des Barometers = 757 Grain, wenn man das Gewicht des Quecksilbers = 950 Pf. sezt.

Um diese Angabe besser mit derienigen, welche ich oben durch die Luftpumpe gefunden habe, vergleichen zu können, so dividire ich beyde Zahlen von Grainen in das §. 5. gefundene Gewicht eines Cubikfußes destillirten Regenwassers. Da kommt

kommt aus den manometrischen Versuchen die Luft 921mal leichter als Wasser vermittelst des Barom. 845mal leichter als Wasser. Nach dem Mittel aus meinen mit der Luftpumpe angestellten Versuchen, wenn ich, um den mittleren Stand des Bar. Therm. Hygrom.

Bar.	Therm.	Hygrom.
28″	15,5°	89°

auf den hier angenommenen zu bringen, nach Herru v. S. Methode die nöthige Correction in dem Gewichte der Luft vornehme, finde ich die Luft 852mal leichter als Wasser.

Ich will, ehe ich mich durch eigne Erfahrungen von dem Grade der Genauigkeit bey der manometrischen Bestimmung des Gewichts der Luft unterrichtet habe, nicht entscheiden, welche von den drei Methoden das Gewicht der Luft am richtigsten angebe. Doch scheint diese Untersuchung meine §. 13. geäusserte Muthmaßung zu bestärken, daß das Barometer die Luft etwas zu schwer angebe.

§. 24.

Herr De Lüc, welchem unsere Kenntniß in der Höhenmessung duach das Barometer so ausserordentlich viel zu verdanken hat, drückt sich in einem Brief an Herrn de la Metherie, der sich

im

im Mai des oben angeführten 1790er Jahrgangs des Journals der Physik von Rozier befindet, hierüber selbst folgendermaßen aus.

„Ungeachtet aller Versuche und Beobachtun„gen wodurch ich die Bemühung iener großen „Physiker, welche zuerst auf die Höhenmessung „durch das Barometer dachten, zu bewerkstelli„gen suchte, ist diese Methode doch noch sehr „merklichen Unrichtigkeiten unterworfen, welche „weder aus Fehlern der Instrumenten, noch der „Fundamentalformel, noch der Gleichung für „die Einwirkung der Wärme auf die Luft; son„dern von Aenderungen in der Natur der Luft „selbst, welche die Theorie dieser Messung als „unveränderlich voraussezt, herrühren.

Diese Aenderungen in der Natur der Luft schrieb Herr De Lüc ehedessen den Wasserdämpfen zu. Da ihn aber neuere Erfahrungen überzeugten, daß die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit lange nicht hinreiche diese Phänomene zu erklären, so vermuthet er, daß eine andere Luftförmige Flüssigkeit sich mit der atmosphärischen vermische, und in derselben die Aenderungen ihres specifischen Gewichtes hervorbringe.

Herr

Herr von Saussüre hat in dem §. 1123 seiner Reise in die Alpen bemerkt, daß die Veränderungen des Barometers auf hohen Bergen verhältnißmäßig immer kleiner sind, als auf der Ebene. Daraus schlieset Herr De Lüc daß die Einwirkung iener, der Atmosphäre beigemischten luftförmigen Flüssigkeiten in einer dichtern Luft beträchtlicher, als in einer dünneren seyn möchte. Hierbey kann ich nicht umhin folgende Bemerkung zu machen. In allen §. 21. angeführten Exempeln sind die durch das Manometer gefundenen Veränderungen in dem Gewichte der Luft kleiner, als die vermittelst des Barometers durch Rechnung bestimmten. Die Dichtigkeit der Luft nach oben hin hat also weniger abgenommen, als sich nach den äusseren Zusammenpressungen erwarten ließ. Dieß kann etwas zu der durch das Manometer gefundenen größeren Leichtigkeit der Luft beygetragen haben, aber gewiß nicht alles. Denn, selbst wenn ich die durch Rechnung gefundenen manometrischen Aenderungen zur Bestimmung des Gewichtes der Luft gebrauche, finde ich die Luft 904mal leichter als Wasser, also viel leichter, als vermittelst des Barometers. Wenn nun die Formel für die Höhenmessung durch das Barometer die Luft zu schwer angäbe, so könnte man

mit

mit Recht zweifeln, ob der oben §. 18. gefundene Unterschied in dem Gewichte der Luft zwischen 27 und 29 Zoll B. St. der richtige sey. Indessen erhellet, daß dieser Unterschied unmöglich viel von der Wahrheit abweichen könne, weil das Barometer bey 28 und bey 27 Zoll die Luft beynahe gleichviel zu schwer angeben würde.

Diese Betrachtung führet mich auf den Gedanken zurück, daß das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft durch Aenderungen ihrer Grundmischung, welche unsre metereologische Instrumenten gar nicht angeben, sehr verschieden ausfallen könne. Um so viel mehr würde es aber, selbst für die Metereologie, in der nach dem Eingeständnis unserer besten Physiker noch so ausserordentlich vieles dunkel ist, Gewinn seyn, wenn man das specifische Gewicht der Luft zu ieder Zeit leicht und genau finden könnte. Die Luftpumpe würde dazu dienen, wenn die Methode nicht so vielen zufälligen Unrichtigkeiten, wie ich oben gezeigt habe, unterworfen wäre. Mein §. 15. gethaner Vorschlag verdienet also gewiß die Aufmerksamkeit aller derienigen, welche sich mit der Metereologie beschäftigen, und welche einsehen, wie viel darinn noch zu thun übrig ist.

Zweyter Anhang.

§. 25.

Einige Bemerkungen zu Herrn Prof. Gerstners Aufsatz über den Gebrauch der Luftwaagen bey Höhenmessungen in Grens Journ. der Physik IV. B. 2. St. S. 172.

Auch diesen Aufsatz, welcher einen Auszug aus den Beobachtungen auf Reisen nach dem Riesengebirge Dresd. 1791 4to enthält, bekam ich leider zu spät, als daß ich denselben bey meinen Untersuchungen über das Gewicht der Luft hätte benutzen können. Ich hole also dieses iezt noch nach. Herr Gerstner unternahm die Reise nach dem Riesengebirge hauptsächlich um das Gesetz, nach welchem die Dichte der Luft in den oberen Regionen abnimmt zu bestimmen. Er bediente sich dazu des Guerickischen Manometers, dem er eine besondere Einrichtung gab, und mit dem Namen von Luftwage belegte. Ich vermeide hier eine umständliche Beschreibung dieser Einrichtung, weil ich dieselbe durch das ziemlich allgemein verbreitete Journal der Physik von Herrn Gren für hinlänglich bekannt halte; aber einiges

davon

davon, worauf sich die folgenden Anmerkungen unmittelbar beziehen, muß ich doch hier beybringen. An einer empfindlichen Wage hängt an dem einen Ende eine hermetisch verschlossene Flasche A, Tab. III. Fig. 21.. an dem andern ein Gegengewicht B. Auf der Mitte des Wagebalkens sizt statt der sonst gewöhnlichen Zunge eine Weingeistlibelle, welche den horizontalen Stand des Wagebalkens anzeigt. Um die Zu- oder Abnahme des Gewichtes der Luft, welche das Volumen der Flasche weniger dem des Gegengewichtes einnimmt, zu bestimmen, befindet sich auf dem in eine Anzahl von gleichen Theilen getheilten Wagebalken ein Laufgewicht L, welches von B bis A hin verschoben werden kann. Das absolute Gewicht des Laufgewichts heiße ebenfalls L, seine Entfernung von B bey einer gewissen Beschaffenheit der Luft die man zur Einheit annimmt, e, bey einer andern E, die ganze Länge des halben Wagebalkens A, so hat sich des obengenannten Luftvolumensgewicht um $\left(\frac{E-e}{A}\right) L$ geändert. Ist dieses Volumen in Cubikzollen ausgedruckt $= Z$ so hat man die Aenderung in dem Gewichte eines Cubikzolles Luft $= \left(\frac{E-e}{A}\right) \frac{L}{Z}$. Um hieraus das specifische Gewicht der Luft

zu

zu ieder Zeit finden zu können, muß man auf irgend eine Weise einmal das Gewicht eines Cubikzolles von Luft gefunden, und dabey den Stand des Laufgewichtes = e beobachtet haben. Herr Gerstner schlägt dazu folgendes Verfahren vor. Man messe eine mäßige Höhe (vermuthlich geometrisch? so ist wenigstens Herr Gerstner verfahren) von 100 — 300 Klaftern, und beobachte einigemalen, sowohl am oberen, als am untern Standorte die Höhe des Quecksilbers in dem Barometer, und den Stand des Laufgewichtes auf der Luftwage. Den obern und untern Stand des lezteren addire man zusammen, und halbire ihn, so gibt der mittlere Stand das gesuchte e. Den Unterschied der Barometerhöhen H — h dividire man durch die gemessene Höhe x, und multiplicire den Quotienten mit dem Gewichte eines Cubikzolles Quecksilber = q, von der Art, wie man es zur Füllung des Barometers gebraucht hat, so gibt $\left(\frac{H-h}{x}\right) q$ das Gewicht eines Cubikzolles Luft für den Stand e des Laufgewichtes an. Man hat also auch, für jeden andern Stand E desselben, das Gewicht eines Cubikzolles Luft $= \left(\frac{H-h}{x}\right) q + \left(\frac{E-e}{A}\right) \frac{4.}{Z}$ Nach dieser Formel lassen sich für iede Luftwage verschiedene Werthe von E, und die zugehörigen

Gewichte eines Cubikzolles von Luft berechnen. Hat man sich einmal eine solche Luftwage mit der zugehörigen Tafel verfertigt, so kann man vermittelst derselben den Werth von $\frac{H-h}{x}$ für jede andere Luftwage ohne vorzunehmende Höhenmessung bestimmen.

§. 26.

Herr Gerstner macht von dieser Luftwage einen sehr sinnreichen, und, wie ich glaube, vortheilhaften Gebrauch bey dem Höhenmessen. Wenn man nämlich an dem obern und untern Standorte, ausser dem Barometer und Thermometer, auch den Stand der Luftwage beobachtet, und vermittelst derselben das mittlere Gewicht eines Cubikzolles Luft in der zu messenden Höhe bestimmt, so erhält man durch das Produkt aus dem Unterschiede der Barometerstände in das specifische Gewicht des Quecksilbers, dividiret durch das mittlere, specifische Gewicht der Luft, die gesuchte Höhe. Bey mäßigen Höhen kann man ohne Fehler voraussetzen, daß die Dichtigkeit der Luft nach oben hin in arithmetischer Reihe abnehme, und alsdann braucht man blos die beyden beobachteten Stände der Luftwage zu addiren und halbiren, um daraus das mittlere Gewicht eines Cubikzolles Luft zu finden. Nimmt man aber bey größeren Höhen das marriottische

Gesetz

Gesetz für die Dichte der Luft an, so kann das mittlere Gewicht derselben durch eine leichte Integral Rechnung gefunden werden. Es ist nämlich, wenn das Gewicht der untern Luft $= 1$, der oberen λ ist, $= \frac{1-\lambda}{K(\log. 1 - \log. \lambda)}$, wo K den natürlichen Logarithmen von 10 ausdrukt. Eine geometrisch gemessene Höhe von 545 Klafter hat Herr Gerstner unter beyderley Voraussetzungen berechnet, und findet so bey der leztern 544,2 Klafter. Der Vortheil, welchen diese Methode vor der gewöhnlichen Höhenmessung durch das Barometer hat, ist der: daß man die Dichten der oberen und untern Luft durch unmittelbare Beobachtungen findet, und also nach keinem Gesetz, welche wohl alle oft sehr starke und für uns bis iezt unbestimmbare, Ausnahmen leiden, zu berechnen braucht.

§. 27.

Dieses zeigt, wie viele Vortheile ein vollkommen eingerichtetes Manometer, ausser den schon oben §. 16. angegebenen, auch bey der Höhenmessung und in andern Theilen der Naturlehre leisten könnte. Herrn Prof. Gerstners Bemühungen, die Verbesserungen und Aenderungen dieses Werkzeuges betreffend, verdienen also gewiß ungemeines Lob, und allen Dank der Naturforscher.

Demungeachtet wird mir, da es mir blos um Wahrheit zu thun ist, erlaubt seyn, zu zweifeln, ob die Einrichtung, welche Herr Prof. Gerstner seiner Luftwage gegeben hat, gerade die vollkommenste für das Manometer sey? Meine Zweifel beruhen in folgenden Gründen. Wie empfindlich Herrn Gerstners Wage gewesen sey, ist in dem angeführten Aufsatze, woraus vorstehendes genommen wurde, nicht erwähnt, sondern die weitere Einrichtnng der Wage betreffend, auf die Abhandlungen der böhmischen gelehrten Gesellschaft für das Jahr 1788 verwiesen. Ich habe dieses Werk gegenwärtig nicht vor mir, getraue mir aber aus Erfahrung zu behaupten, daß eine sehr empfindliche Wage, die Theile von Granen angibt, wie doch hierzu nothwendig erfordert wird, so leicht hin und her oscillire, daß man den horizontalen Stand derselben durch eine auf dem Wagebalken aufsitzende Weingeistlibelle schwerlich genau wird bestimmen können. Auch darf man den Wagebalken einer sehr empfindlichen Wage nicht oft mit der Hand berühren wollen, weil dadurch das Oscilliren desselben nicht allein ohne Ende verlängert würde, sondern auch die Empfindlichkeit und Genauigkeit der Wage durch Verrückung der Axe auf den Unterlagen sehr leicht gestöhret werden könnte. Diese beyden Umstände machen den sonst bequemen Gebrauch eines

Lauf-

Laufgewichtes, bey so empfindlichen Wagen ganz verwerflich. Ich frage ferner, warum hat Herr Prof. Gerstner der angehängten Flasche einen so kleinen Raum von 22,05 Cubikzollen gegeben, da dieß doch der Genauigkeit in Bestimmung des Gewichtes der Luft sehr nachtheilig ist? Litte vielleicht die Wage keine größere Beschwerung, oder geschahe es, damit das Laufgewicht nicht zu groß ausfiel? Man soll nämlich dem Laufgewichte eben so viele Grane geben, als der zehnte Theil des Inbegriffs der Flasche, weniger dem Inbegriffe des Gegengewichtes, Cubikzolle hat. Gibt man zugleich iedem Arm des Wagebalkens eine Länge von 100 Linien, so gibt iede Linie, um welche das Laufgewicht verschoben wird, 0,001 Gran in dem Gewichte eines Cubikzolles Luft. Ja Herr Prof. Gerstner meint, wenn es die Empfindlichkeit der Wage zuließ, so könnte man das Gewicht eines Cubikzolles Luft selbst bis auf ein 0,0001 Gran genau messen, weil sich noch wohl der 10te Theil einer Linie, um welchen das Laufgewicht alsdann verschoben werden müßte, messen ließ. Daß sich aber nach dieser Methode, wenn man auch von der Empfindlichkeit der Wage, die ich in diesem Grade ebenfalls für unmöglich halte, ganz abstrahiret, eine solche Genauigkeit in Bestimmung des Gewichtes der Luft gar nicht erwarten lasse, erhellet, wie ich glaube, sehr leicht

leicht folgendermaßen. Weil die Luftwage blos Unterschiede in den Gewichten der Luft angibt, so muß, wie oben gezeigt worden ist, das Gewicht der Luft einmal auf eine andere Weise gefunden worden seyn, und von der Genauigkeit dieser Methode hängt die Richtigkeit aller übrigen Bestimmungen in dem Gewichte der Luft ab.

Durch eigne Erfahrung überzeugt, behaupte ich zuverläßig, daß man den Stand des Quecksilbers im Barometer nicht wohl genauer als bis auf 0,1‴ beobachten könne. Wäre also die oben angeführte Methode das specifische Gewicht der Luft zu bestimmen, übrigens auch vollkommen fehlerfrei, so würde doch dieser einzige Umstand ihrer Genauigkeit Grenzen setzen. Herr Prof. Gerstner hatte eine Höhe von — 350,7 Klaftern gemessen, zu dieser gehörte ein Unterschied in den Barometerständen $H—h = 24,6$ Linien. Hierbey kann um $\frac{1}{246}$ gefehlet worden seyn, folglich ist der Ausdruck $\left(\frac{H-h}{x}\right) q$ für das Gewicht eines Cubikzolles Luft ebenfalls nur bis auf $\frac{1}{246}$ des Ganzen genau. Dieß macht, den Cubikzoll Luft nach Herrn Prof. Gerstners Angabe $\frac{3}{8}$ Gran gesezt, $\frac{1}{656}$ Gran aus. So viel konnte also gefehlet werden, ich zweifele aber, ob nur diese Genauigkeit erreicht worden ist, weil bey diesem

Ver-

Verfahren auch noch andere Fehler begangen werden konnten. Mäße man nur eine Höhe von 100 Klaftern so würde iener Fehler in Bestimmung des Gewichtes der Luft bis auf $\frac{1}{80}$ des Ganzen anwachsen. Ungeachtet dieser Einwürfe, wodurch ich nur die Grenzen der Genauigkeit bey Herrn Prof. Gerstners Methode bestimmen wollte, bekenne ich doch offenherzig, daß ich dieselbe immer für sicherer, als iede andere bisher bekannte halte. Dafür ist sie aber auch auf der andern Seite mit Weitläuftigkeiten und Unbequemlichkeiten verknüpft. Denn eine Höhe von 100 — 300 Klaftern nicht allein geometrisch zu messen, sondern auch mit dem Barometer in der Hand ein paarmal zu besteigen, ist doch wohl nicht iedermann's Sache.

§. 28.

Diese Bemerkungen gaben mir Anlaß über meinen §. 59. gethanen Vorschlag von neuem nachzudenken, und ich entwarf folgende Einrichtung von einem Manometer, welche, wie ich glaube, vor allen bisherigen wesentliche Vorzüge hat. Der Wagebalken Tab. III. Fig. 20. ist nach der §. 7. der ersten Abhandlung entworfenen Theorie construiret. Es fallen nämlich die Aufhängepuncte der Gewichte und die Schneide der Axe tu eine einzige gerade Linie a b, dieses bringt den Vortheil

theil, daß die Tangenten der Ausschlagwinkel sich genau wie die Uebergewichte verhalten, und daß man daher blos aus dem Stande des Wagebalkens die Aenderungen in dem Gewichte der Luft bestimmen kann. Zwar wächset bey dieser Einrichtung des Wagebalkens die restituirende Kraft der Wage nicht mit den Beschwerungen, aber dies hat hier gar nichts zu sagen, indem die Beschwerungen, wegen des geringen Gewichtes der Luft fast immer dieselben bleiben, und die Empfindlichkeit der Wage durch Verlängerung der Aerme des Wagebalkens ohne Nachtheil der restituirenden Kraft (§. 6.) hinlänglich vergrößert werden kann. Ich würde aus diesem Grunde ieder von den Entfernungen cb, ca einen Fuß, also der ganzen Länge des Wagebalkens von einem Anhängepuncte der Gewichte a bis zum andern b zwei Fuße geben. Den Wagebalken, der größeren Leichtigkeit wegen, von Holz zu verfertigen, wie Herr Prof. Gerstner gethan hat, möchte, wenn man die Wandelbarkeit des Holzes bedenkt, nicht rathsam seyn. Der Wagebalken der im zweiten Abschnitte der ersten Abhandlung beschriebenen haussischen Wage wiegt noch keine 8 Lothe, und kann eine Beschwerung von 1 Pf. auf ieder Seite vertragen. Nimmt man die Beschwerungen bey dem Wagebalken des

Mano=

Manometers eben so groß an, so muß die Stärke dieses Wagebalkens noch einmal so groß seyn, weil seine Länge, und daher auch die Momente der Beschwerungen noch einmal so groß, als bey dem hauffischen sind. Dieses wird am besten dadurch bewerkstelliget, daß man die Höhe dieses Wagebalkens um die Hälfte größer macht, als bey dem hauffischen, weil sich die relative Stärke wie die Quadrate der Höhen, also hier $= 2^2 : 3^2 = 4 : 9$ verhalten. Das Gewicht des Wagebalkens würde sich in diesem Falle zu dem Gewichte des oben beschriebenen hauffischen wie $1 . 2 : 2 . 3 = 1 : 3$ verhalten, also $\frac{3}{4}$ Pf. betragen. Ich glaube schwerlich, daß man ihn von Holz bey der nöthigen Stärke viel leichter würde verfertigen können. Die übrigen Dimensionen von den Theilen des Wagebalkens, welche mehr willkührlich sind, lassen sich hinlänglich aus der Figur, welche alles auf den 8ten Theil der natürlichen Größe reduciret darstellet, ersehen. Auch übergehe ich hier die Einrichtung, wodurch die Aerme des Wagebalkens vollkommen gleich lang und gleicharmicht gestellet werden, weil diese eben so, wie bey der im zweiten Abschnitte beschriebenen Wage, seyn kann. An dem einen Ende des Wagebalkens befindet sich ein messingener Kreißbogen

bogen de, welcher vor einem größeren ff, an dem Gehäuße der Wage befestigten, hin und her spielet. Die Mittelpuncte beyder Kreißbögen müssen genau in den Umdrehungspunct der Wage c zusammen fallen. Wird die Einrichtung des Wagebalkens so getroffen, daß 0,1 Gran 1 Grad Ausschlag gibt, und man trägt 11 Grade von ff auf de von o auf- nnd unterwärts, und theilet diese 11 Grade hier in 10 gleiche Theile, so erhält man dadurch einen Vernier, welcher Zehntheile von Graden, also bey kleinen Ausschlag-Winkeln Hunderttheile von Granen, und selbst noch bey dem größten Ausschlage-Winkel von 40° weniger als ($\frac{1}{60}$) von einem Gran, angibt. *) Der Halbmesser von ff beträgt 14 Zolle, daher ein Grad dieses Bogens 0,24 Zoll. Diese Größe läßt sich mit dem bloßen Auge recht gut in 4 gleiche Theile theilen. Würde also der ganze Bogen ff in Viertheilsgrade getheilet, und 11 dieser Viertheile von Graden auf dem Vernier de in 10 gleiche Theile getheilet, so würde man den Aus-

*) Anmerk. Die Ungleichheit der durch den Ausschlagwinkel bezeichneten Gewichte rühret begreiflich daher, weil die Tangenten sich nicht wie die zugehörigen Winkel, die Gewichte aber sich wie die Tangenten der Ausschlagwinkel verhalten.

Ausschlag der Wage von 240 bis zu 400 Theilen, also im Durchschnitt genommen in 320 Theilen von Granen messen können. Damit aber 0,1 Gran einen Grad Ausschlag gibt, so muß der Schwerpunct P des unbeschwerten Wagebalkens um eine bestimmte Weite unter dem Unterstützungspuncte c liegen. Diese Weite läßt sich nach §. 7. 1ten Abhandlung berechnen. Dort fand sich nämlich die Tangente des Ausschlagwinkels, tang c =

$= \frac{r.\, db}{p.\, de}$, wo r hier 0,1 Gran, db hier cb =

1 Fuß, p das Gewicht des unbeschwerten Wagebalkens, de das hier gesuchte c p bedeutet. Setzen wir also das Gewicht des bloßen Wagebalkens $= \frac{3}{4}$ Pf. = 5760 Gran, so findet sich cp =

$= \frac{0{,}1.\ 1}{5760\ \text{tang.}\ 1^\circ} = \frac{1}{1000}$ Fuß ungefehr.

Diese Größe ist zu klein, als daß sie sich genau abmessen ließ, und es wird dadurch folgende Vorrichtung nöthig. Man bringe unten an der Mitte des Wagebalkens ein Gewicht f, als Mutterschraube, an einer Schraube an, und ordne alles so, daß wenn das Gewicht f wider den Wagebalken angeschraubt ist, p mit c zusammen fällt, also der unbeschwerte Wagebalken in ieder Lage ruhet. Darauf bringe man die gleichen Beschwe-

schwerungen A und D an den Wagebalken, und schraube das Gewicht f so lange auf und ab bis 0,1 Gran 1° oder 1 Gran 10° Ausschlag geben.

§. 29.

Dieses wäre ungefehr die Art, wie ich den Wagebalken des Manometers zurichten würde. Ich muß iezt noch ein paar Worte über die Einrichtung des hohlen Körpers A sagen. Der obere, weite Theil A ist aus den §. 16. angeführten Gründen eine hohle Kugel von Metall. Diese endigt sich in einen hohlen Cylinder B, und über diesen schiebt sich ein zweiter Cylinder pqrs luftdicht hin und her. Damit eine vollkommene luftdichte Bewegung erhalten werden kann, endigt sich der innere Cylinder mit einem engeren Theil lnok, um welchen Scheiben von Kork und Leder gelegt, und durch die Schraube no zusammen gepresset werden. Der äussere Cylinder pqrs kann vermittelst einer Ziehschraube gh über dem innern hin und her geschoben werden. Der Raum des inneren Cylinders von m bis lk, welcher eben so groß als die Länge der Schraube gh, nämlich 4½ Zoll ist, ist in Zolle und Linien eingetheilt. Die Schraube dienet noch kleinere Theile bey der Verschiebung des äusseren Cylinders zu

messen. Wenn z. B. drei Schraubenumdrehungen zur Verschiebung von einer Linie des Cylinders gehören, und der kreißförmige Griff der Schraube h in 10 gleiche Theile getheilet ist, welche, indem sie auf einen Zeiger y hinweisen, Zehntheile von einer Schraubenumdrehung angeben, so können durch diese Vorrichtung Dreisigtheile von Linien bey der Verschiebung des Cylinders gemessen werden. Wenn der äussere Cylinder zur Hälfte über mlk geschoben ist, so nehme ich an, halte der ganze Raum des Körpers A, weniger dem Raume des Gegengewichtes D, $\frac{1}{8}$ pariser Cubikfuß, zugleich sey alsdann der Wagebalken im horizontalen Stande. Wird nun die Luft leichter oder schwerer, so gibt die Tangente des Ausschlagewinkels die Aenderung in dem Gewichte von $\frac{1}{8}$ Cubikfuß Luft in Grainen an. Stellt man darauf den horizontalen Stand des Wagebalkens durch Verschraubung des Cylinders pqrs wieder her, so ergibt sich aus dem Verhältnisse der Räume von A + B + C und der zuvor bemerkten Aenderung in dem Gewichte der Luft nach §. 15. das specifische Gewicht der Luft. Was für eine Genauigkeit durch dieses Verfahren erhalten werden kann, wird aus folgender Betrachtung erhellen. Die Aenderung des Barometers beträgt in unsern Gegenden nicht

über

über $\frac{1}{20}$ der ganzen Quecksilberhöhe. Ich nehme an, die Veränderung in der Dichtigkeit der Luft stehe genau mit derselben im Verhältniß. Ferner setze ich das Gewicht eines pariser Cubikfußes Luft nach den obigen Untersuchungen 700 Grain, als eine runde Zahl, so wiegen $\frac{1}{20} \cdot \frac{1}{8}$ Cubikfuß = 10,8 Cubikzoll 4,5 Grain. Den Querschnitt des Cylinders pqrs = 4 Quadratzoll gesezt, gibt für die zur größten Aenderung in der Dichtigkeit der Luft gehörige Verschiebung $\frac{10,8}{4}$ = 2,7 Zoll, ungefehr = 32 Linien. Die Mikrometerschraube gibt 30theile von Linien an. Folglich kann man die nöthige Verschiebung bis auf $\frac{1}{972}$ des Ganzen genau hervorbringen. Vermöge derselben läßt sich also das Gewicht von 10,8 Cubikzoll Luft bis auf ein $\frac{4,5}{972} = \frac{1}{220}$ Grain genau finden, und diese Größe gibt auch die übrige Einrichtung der Wage an. Das Gewicht von 1 Cubikzoll Luft fände sich bis auf $\frac{1}{2376}$ Grain scharf. *)

§. 30.

*) Anmerk. Da sich die Metalle unter den festen Körpern am meisten durch die Wärme ausdehnen, und durch die Kälte wieder zusammen ziehen, so könnte man vielleicht glauben, daß dieser

§. 30.

Hat man auf diese Art das specifische Gewicht der Luft einmal genau gefunden, so kann man den Raum des Körpers A unverändert lassen, und braucht

---

ser Umstand den Gebrauch des vorgeschlagenen Manometers unsicher mache. Nicht zu gedenken, daß dieser Vorwurf alle Manometer trifr, so ist die Ausdehnung bey dem vorgeschlagenen Instrumente doch weniger beträchtlich, als man vielleicht glauben sollte. Da die Erfahrungen über die Ausdehnung der Metalle ziemlich von einander abweichen so nehme ich nach Musschenbroek's Angabe, welche unter den übrigen beynahe das Mittel hält, die Ausdehnung des Messings von 0° — 80° = 0,00101 an. Dieß gibt den Inhalt des Cylinders an dem

Manometer bey 0° Temperatur	= 28,26 C. Z.
den Innhalt der Kugel	= 187,74 —
gesezt, für 80° Temperatur	
den Innhalt des Cylinders	= 28,345
den Innhalt der Kugel	= 188,66
Summe	217,00

Die körperliche Ausdehnung durch eine Aenderung der Temperatur von 0° — 80° beträgt also bey 216 Cubikzoll, 1 Cubikzoll d. i. $\frac{1}{216}$ des Ganzen. Für 20° Temperatur - Aenderung würde die Ausdehnung nur $\frac{1}{864}$ des Ganzen betragen. Mann kann also dieselbe für kleinere Aenderungen der Temperatur, als 20° ganz ausser Acht lassen, und braucht sie für grössere Aenderungen blos in Anschlag zu bringen.

braucht blos die Aenderungen in der Dichte der Luft an der Wage zu beobachten, um iedesmal das specifische Gewicht der Luft zu erhalten. Wollte man aber diese Untersuchung des Gewichtes der Luft dann und wann von neuem vornehmen, so würde dieß eine Probe geben, ob das Instrument, vorzüglich die luftdichte Verschliessung des Körpers A, noch in der gehörigen Ordnung wäre. Ferner muß ich erinnern, daß wenn man dieses Instrument zum Höhenmessen, so wie Herrn Prof. Gerstners Luftwage, brauchen wollte, man alsdann alle angegebene Dimensionen auf die Hälfte der Größe reduciren müßte, damit das Instrument sich in einen Kasten von etwa 1½ Fuß Länge 1 Fuß Höhe, und 8—10 Zoll Breite einschliessen ließ, und dadurch transportabel würde. In diesem Falle würde ich auf den Bogen ff nur 20° auf- und unterwärts tragen, und größere Gewichte als 2 Gran durch Vermehrung des Gegengewichts B messen. Auch könnte der Körper A eine blose hohle hermetisch verschlossene Glaskugel seyn, und man brauchte den Stand dieses Manometers, mit dem erstern, welches ich das Fundamental-Manometer nennen möchte, nur einmal zu vergleichen, um alsdann auch aus dem Stande von ienem das specifische Gewicht der Luft zu ieder Zeit finden zu können.

Die Vorzüge des Fundamentalmanometers bestehen hauptsächlich darinn.

1.) Man findet das Gewicht der Luft durch dieses Werkzeug allein, ohne Beyhülfe eines andern.

2.) Hat man das Gewicht der Luft einmal durch Verschraubung des Körpers A gefunden, so kann man alsdann das Manometer ruhig in einem wohlverwahrten Gehäuse stehen lassen, und den Stand der Wage, wenn sie auch noch so empfindlich ist, genau beobachten, woraus sich sogleich das Gewicht der Luft ergibt.

3.) Läßt sich das Instrument durch sich selbst probiren, wenn man die Verschraubung des Körpers A von neuem zu Hülfe nimmt.

Die Schwierigkeiten, welche ich unvermuthet bey der Bestimmung des specifischen Gewichts der atmosphärischen Luft antraf, machten, daß ich die ähnlichen §. 1. versprochene Versuche über das specifische Gewicht der übrigeu Luftarten noch hinaussezte. Die Zeit dieses Aufschubs verlängerte sich durch die zunächst folgenden Ver-

suche, welche ich, da ich sie der der Aufmerksamkeit der Naturforscher vorzüglich werth halte, zuerst bekannt machen wollte. Vielleicht folgt die Beschreibung der §. 1. erwähnten Versuche, nebst einigen andern, diesen bald nach.

Dritte

Dritte Abhandlung.

Versuche über die Gewichtsveränderungen, welche in einigen Körpern, vorzüglich den elektrischen Nichtleitern, durch das Elektrisiren hervorgebracht werden.

IIIte Abhandlung.

Versuche über die Gewichtsveränderungen, welche einige Körper, vorzüglich Nichtleiter durch das Elektrisiren erleiden.

§. 1.

Man hat bekanntlich zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen sich berechtiget gefunden, eine oder wohl auch zwei, sehr feine Flüssigkeiten anzunehmen.

Anfänglich schrieb man dieser Flüssigkeit, ausser der Elektricität und Feinheit, blos ein allgemeines Bestreben nach allen Körpern zu. In der Folge, da man die erwähnten Erscheinungen und ihre mannigfaltigen Modificationen genauer kennen lernte, sah man wohl ein, daß der elektrischen Flüssigkeit, ausser einem allgemeinen Bestreben nach allen Körpern, auch ein besonderer Hang zu gewissen Körpern zukomme. Ja daß sie, wie andere gröbere Flüssigkeiten, von deren Daseyn und Eigenschaften wir uns durch directe Versuche überzeugen konnten, chemischen Ver-

wands-

wandschaften und Anneigungen unterworfen seyn müsse. Auf diese Art erbauete man künstliche Lehrgebäude, wodurch die verwickelsten elektrischen Erscheinungen, wenn auch nicht immer völlig befriedigend erkläret, doch auf gewisse allgemeine Phänomene zurückgeführet werden konnten. Herr De Lüc hat besonders die Lehre von den dampfartigen Flüssigkeiten sehr erweitert, und mit glüklichem Erfolg die electrische Flüssigkeit unter das allgemeine Geschlecht der Dämpfe gezählet. Dadurch haben wir zuerst über den bisher immer unerklärbaren Mechanismus des elektrischen Ladens die schönsten Aufschlüsse erhalten. Bey allen diesen wichtigen Entdeckungen, die sich zum Theil über die größten und erhabensten Naturbegebenheiten verbreiten, blieb das Daseyn der elektrischen Flüssigkeit durch unmittelbare Versuche doch bis iezt unerwiesen. Alle Theorien davon sind blos durch Induction und Analogie aus den beobachteten Phänomenen hergeleitet. Die Ursache davon läßt sich leicht errathen. Directe Versuche über eine so ausserordentlich feine Materie, welche sich unseren Sinnen oft ganz entzieht, anzustellen ist schwer, und sie überzeugend anzustellen, noch viel schwerer.

Das leztere insbesondere ist ohne vorgängige genaue Kenntniß der Phänomene ganz unmöglich.

Denn

Denn es werden sich bey solchen Untersuchungen immer mehrere Erscheinungen zu gleicher Zeit darbieten die man erst gehörig zu trennen verstehen muß, um auf ihre Ursachen mit Sicherheit schliessen zu können.

Unter solche directe Versuche über das Daseyn der elektrischen Flüssigkeit rechne ich z. B. wenn man beweisen könnte, daß Körper durch Elektrisiren mehr oder weniger wögen, und daß diese Gewichtsänderungen unmittelbar von der Elektricität herrührten, weil eben daraus folgen würde, daß eine schwere Substanz diesen Körpern zugeführet, oder entzogen worden wäre. Daß es nicht leicht sey, so etwas mit Gewißheit darzuthun, wird das folgende lehren. Ich ließ mich iedoch durch diese Schwierigkeiten im voraus nicht abschrecken.

§. 2.

Herrn De Lücs vortrefliche Ideen *) über die Modificationen, welche die elektrische Flüssigkeit in Nichtleitern durch das sogenannte elektrische Laden erfähret, brachten mich zuerst auf den Gedanken, zu untersuchen: ob positiv geladene Körper durch das Laden schwerer, negativ geladene

*) Neue Ideen über die Metereologie II. Abtheilung. III. Kap.

dene Körper durch dasselbe leichter würden? So müßten nämlich die Erscheinungen nach Herrn De Lücs Vorstellungen erfolgen, wenn anders das Gewicht der elektrischen Materie, als der ponderablen Substanz in der elektrischen Flüssigkeit, auch für unsre empfindlichste Wagen nicht völlig verschwindet. Ich belegte in dieser Absicht ein Apothekerfläschgen von 6 Unzen Maß inwendig und auswendig auf die gewöhnliche Weise mit Staniol und überfirnißte den unbelegten Rand mit Siegellak. Den Drath, welcher zur inneren Belegung leitete, schloß ich ganz, seine beyden Enden ausgenommen, in eine Glasröhre ein, damit er ohne die Flasche zu entladen, weggenommen, und statt seiner die Flasche mit einem Kork, an dem sich ein gläsernes Häkchen befand, verstopft werden konnte. So zubereitet hing ich die Flasche, welche nicht völlig 10 Loth wog, vermittelst eines Seidenfadens an die Wage. Die Art der Aufhängung stellt die 22te Figur vor. ABCD ist das Gehäus der Wage, welches bey ff auf zwei Tischen oder andern Unterstützungen ruht. abc stellt den Wagebalken vor, von dessen einem Ende die Wagschaale hinweggenommen, und statt deren ein Seidenfaden, der durch den Boden des Gehäuses hindurch gehet, angebracht ist. An dem Ende dieses Fadens wurde der elektrisirte Körper aufgehängt. Auf diese

Weise

Weise war die an der Wage befindliche Flasche blos mit Luft umgeben, und von allen übrigen Körpern rings umher über 1½ Fuß entfernt. Bey den ersten Versuchen wog ich die Flasche zuerst in dem natürlichen Zustande, dann geladen, und darauf entladen. Ich setze die so angestellten Versuche, ungeachtet es die unvollkommensten sind, doch hierher, damit der Leser den Gang derselben, und meine damit verbundene Schlüsse, desto besser prüfen, und beurtheilen möge.

§. 3.

* 1ter Versuch.

Die Flasche inwendig positiv geladen wurde zwei Richtpfenningstheile (0,117 Gran Cöllnisch Markgewicht) leichter als im natürlichen Zustande. *) Nach dem Losschlagen war die Flasche kaum noch ¾ R (0,0437 Gr.) leichter.

2ter Versuch.

Die Flasche wie vorher positiv geladen wurde ½ R (0,029 Gr.) schwerer, losgeschlagen ½ R leichter, als im geladenen Zustande. Sie wog also wieder so viel, als ungeladen.

3ter

*) Anmerk. Ich bezeichne in der Folge die Richtpfenningstheile blos durch R.

3ter Versuch.

Die Flasche inwendig negativ geladen, und an der Wage ins Gleichgewicht gebracht, alsdann losgeschlagen wurde 1 R (0,0586 Gr.) leichter.

4ter Versuch.

Alles wie im vorhergehenden dritten Versuch.

* 5ter Versuch.

Auswendig negativ geladen wurde die Flasche 1 R (0,0586 Gr.) leichter, als im natürlichen Zustande, losgeschlagen wieder 1 R schwerer.

§. 4.

Die wenige Uebereinstimmung, welche unter diesen Versuchen herrscht, wird sich aus dem folgenden erklären.

Der erste Versuch, welcher meinen Erwartungen ganz entgegen ausfiel, brachte mich auf die Gedanken, daß das Laden die Luft in der Flasche verdünnet, und dadurch die Verminderung des Gewichtes hervorgebracht haben möchte. Ich wählte zu den folgenden Versuchen eine Glasplatte, weil bey derselben keine Luft durch das Laden ausgetrieben werden konnte, und daher dieser Einfluß wegfallen mußte. Ich lud die Glasplatte durch zwei auf beyde Seiten gebrachte

me=

metallenen Teller, welche nach dem Laden an isolirenden Handhaben wieder weggenommen wurden.

Die geladene Platte hieng ich eben so, wie die Flasche in den vorhergehenden Versuchen, mittelst eines Seidenfadens, der bey a Fig 23. an der Glasplatte befestigt war, an die Wage. Nachdem dieselbe ins Gleichgewicht gebracht worden war, entlud ich die Glasplatte zwischen den metallenen Tellern, und wog sie alsdann von neuem. Diese Methode war, wie mich die Erfahrung lehrte, sehr fehlerhaft, und gab gar keine bestimmten Resultate. Denn durch das Hinwegnehmen der Glasplatte von der Wage wurde der Wagebalken iedesmal verrückt, und konnte nicht wieder so genau in die vorige Lage gebracht werden, daß man bey einem Gewicht von 10 — 15. Loth durch wiederholtes Abwiegen bis auf 1 R oder 2 R dasselbe Gewicht erhielte. Dieß war nun, ohne Zweifel, auch die Ursache von der oben bemerkten geringen Uebereinstimmung in den Versuchen mit der Flasche. Ich verfuhr daher bey allen übrigen noch anzuführenden Versuchen folgendermaßen.

Der elektrisirte Körper wurde an die Wage gebracht, und der Stand derselben an dem Gradbogen bemerkt. Darauf wurde der elektrisirte Körper in dieser Lage, ohne den Ort des Wage-

balkens auf seinen Unterlagen im mindesten zu verrücken, durch Spitzen entladen, und die Veränderung, welche hierdurch in dem Stande des Wagebalkens bewirkt wurde, an dem Gradbogen beobachtet. Die Größe dieser Veränderungen oder Verminderung des Gegengewichtes, so lange bis der Wagebalken wieder in den anfänglichen Stand zurückkehrte, zu bestimmen. Hier folgen die mit der Glasplatte auf diese Weise angestellten Versuche. Das Gewicht der Glasplatte betrug beynahe 15. Loth.

6ter Versuch.

Die Glasplatte negativ geladen wurde 2 R (0,117 Gr.) leichter als im natürlichen Zustande, durch Entladen an der Wage mit Spitzen wieder 2 R schwerer.

7ter Versuch.

Positiv geladen stark 3 R (0,1658 Gr.) leichter, durch Entladen mit Spitzen wieder 3 R schwerer.

§. 5.

Die Erscheinungen dieser Versuche fielen also ebenfalls gegen meine anfänglichen Erwartungen aus, indem sowohl positiv, wie negativ geladene Kör-

per leichter würden, waren aber immer merkwürdig, und vorzüglich, wenn sie unmittelbar von der elektrischen Flüssigkeit herrührten. Hieran zweifelte ich iedoch, weil sie auch aus einer durch den geladenen Körper bewirkten Modification der Luft entsprungen seyn konnten. Dieser Modificationen lassen sich mehrere gedenken. Die Luft konnte durch Mittheilung elektrisiret worden seyn. Ich glaube aber nicht, daß dieses, wenigstens bey den Versuchen mit der Glasplatte, einen merklichen Einfluß hätte hervorbringen können. Denn die Platte drehte sich um eine verticale Axe schnell um, und mußte also die Luft bald positiv, bald negativ, das heißt, im Grunde gar nicht elektrisiren. Doch wenn auch die stärkere dieser Elektricitäten, z. B. die positive die Luft positiv elektrisiret hätte, so würde sie dadurch wohl verdünnet worden seyn, weil die mit gleichartiger Elektricität begabte Lufttheilchen sich einander abgestoßen haben würden. In einer dünnern Luft würde die Glasplatte weniger von ihrem Gewicht verlohren haben, und die elektrisirte Platte hätte mehr wiegen müssen, als in dem natürlichen Zustande. Hiervon erfolgte aber gerade das Gegentheil. Wahrscheinlicher ist es, daß der elektrische Zustand der Luft durch die verthei-

lende

lende Kraft der Glasplatte eine Modification erlitten habe. In diesem Falle nahm die an jede Seite der Glasplatte gränzende Luftschichte die dieser Seite entgegengesezte Elektricität an, wurde nun von der Elektricität der Seite gezogen, und so vielleicht verdichtet. In der dichtern Luft verlohr die Glasplatte mehr an Gewicht, und schien elektrisiret leichter, als im natürlichen Zustande. Da ferner die Neigung zwischen der elektrischen Luft und Glasplatte wechselseitig war, so mußte ebenfalls ein Zug der Luft gegen die Platte erfolgen. Doch konnte dieser Zug nicht wohl das Gewicht der Glasplatte ändern, weil er senkrecht auf die Richtung der Schwere ging, und gleiche entgegengesezten Züge auf verschiedenen Seiten der Glasplatte einander aufheben. Indessen mochte das starke Umdrehen der Glasplatte, ausser dem gedrehten Seidenfaden, auch diesen Zug mit zur Ursache gehabt haben. Aber eben dieses starke Umdrehen der Glasplatte läßt vermuthen, daß die zuvor erwähnte Verdichtung der Luft (wenn sie anders statt fand,) nicht sehr merklich werden konnte, indem die durch Vertheilung hervorgebrachte Elektricität mit jedem Augenblicke in die entgegengesezte übergehen mußte.

§. 6.

§. 6.

Diese Zweifel über eine mögliche Verdichtung der Luft bewogen mich indessen, meine Versuche über diesen Gegenstand abermals zu verändern. Wenn es, dachte ich, möglich wäre, einen Körper zwar stark zu elektrisiren, aber diese Elektricität zugleich so zu binden, daß sie nicht mehr auf die umgebende Luft merklich wirken könnte, so müßten solche Versuche völlig entscheidend seyn. In dieser Absicht rollte ich seidene Bänder, Stücke Wachstaffent, und dergleichen dicht über einander, und versuchte die innere Windungen dieser Körper, theils durch eingewickelten Staniol, theils durch hineingestekte Steknadeln zu elektrisiren. In der Meinung, daß die so mitgetheilte Elektricität, dadurch, daß sie in den äusseren Windungen die entgegengesezte hervorbrächte, sogleich gebunden werden müßte. Diese Körper an die Wage gebracht, zeigten aber wenig oder gar keine Veränderung im Gewichte. Die Ursache war, weil sie unter diesen Umständen allzuwenig Elektricität annahmen. Denn, da hier mehrere concentrische Windungen zu gleicher Zeit elektrisiret wurden, so verminderte die Elektricität der einen Windung die Capacität der nächst an-

angränzenden, oder mit andern Worten, eine Windung hinderte die andere, Elektricität anzunehmen. Bey zwei nicht zusammengerollten, sondern blos auf einander gelegten Blättern von Wachstaffent bemerkte ich hingegen, wenn das eine derselben positiv, oder negativ durch eine Spitze elektrisiret wurde, daß sie in dem elektrischen Zustande leichter, und durch Entladen an der Wage, schwerer wurden. Jedoch lassen sich hiergegen dieselben Zweifel, wie gegen die Versuche mit der Glasplatte, machen. Ich kehrte nun wieder zu den leztern zurück, und wollte mich erst hinlänglich versichern, ob ich nicht in Beobachtung der Phänomene geirret hätte. Die in dieser Absicht angestellten Versuche erzähle ich der Kürze wegen nicht, sondern erwähne nur im allgemeinen, daß acht wiederholte Versuche, theils mit negativer Elektricität immer dieselben Erscheinungen darboten. Das Factum war also äusser allem Widerspruch, und es blieb nur übrig die Ursache desselben mit Gewißheit auszumachen.

§. 7.

Zu diesem Endzwecke bemühte ich mich den zu ladenden Körpern eine solche Einrichtung zu geben, daß die elektrisirten Oberflächen derselben

von

von der unmittelbaren Berührung der Luft ausgeschlossen würden. Zuerst verschloß ich die Oeffnung einer belegten Apotheckerflasche von 6 Unzen Maß luftdicht, so daß, von der innern Belegung, nur der Ring des Communicationsdrathes, an welchem die Flasche aufgehängt wurde, die äussere Belegung aber ganz, mit der Luft in Berührung war. Diese Flasche lud ich zweimal positiv, und zweimal negativ, und bemerkte daß sie iedesmal in dem elektrisirten Zustande leichter, durch Entladen an der Wage, schwerer wurde. Doch waren die Veränderungen in dem Gewichte der Flasche nicht so beträchtlich, wie bey der Glasplatte. Ich richtete darauf eine andere Flasche von derselben Größe so zu, daß beyde Belegungen von der äusseren Luft abgeschlossen waren. Fig. 24. stellt diese Einrichtung vor. Von aa bis a'a' reichten die beyden Belegungen. Die Räume aad a'a'c blieben unbelegt, und der obere war mit Siegellack überfirnisset. bcb ist eine weitere Flasche, welche die äussere Belegung der ersten, bis auf eine kleine Stelle, ganz bedeckte. Der Raum zwischen beyden wurde durch einen Rand von Wachs bb vor dem Zutritte der äussern Luft abgeschlossen. Der mit der innern Belegung der Flasche communicirende Drath war in eine Glasröhre eingeschlossen, und beyde waren luftdicht

in die Mündung der Flasche eingeküttet. Die ganze Vorrichtung wog beynahe 10 Loth.

§. 8.

Ich lud die innere Belegung der Flasche positiv, und untersuchte, wie stark die einzelnen Theile der Vorrichtung das bonnettische, und saussürische Elektrometer afficirten. Ich bemerkte dabey folgendes. Die äussere Glasflasche zeigte an dem saussürischen Elektrometer gar keine, an dem bonnettischen nur eine schwache positive Elektricität. Sie war also durch Vertheilung von der äusseren Belegung der inneren Flasche elektrisiret worden. Der Raum von b bis f, den unbedeckten Metallring f, und die kleine Stelle der äusseren Belegung, welche zum Laden und Entladen der Flasche, über den Wachsrand b b hervortratt, ausgenommen, zeigte durch Mittheilung an beyden Elektrometern eine etwas stärkere positive Elektricität. Diese Elektricität war iedoch auch nicht sehr stark, da sie das saussürische Elektrometer nur bey der unmittelbaren Berührung auseinandertrieb. Die Erfahrungen überzeugten mich, daß die, durch diese Flasche, bewirkte Modification in dem elektrischen Zustande der Luft, wenn nicht völlig unmerklich, doch sehr viel geringer,

ringer, als bey den Versuchen mit der Glasplatte seyn müßte. Demungeachtet zeigte die Flasche fast einerlei Veränderungen ihres Gewichtes mit der Glasplatte, wie folgende Versuche lehren.

8ter Versuch.

Die Flasche inwendig negativ geladen, wurde durch das Entladen, welches ungeachtet der dabey gebrauchten Spitzen mit einer kleinen Explosion erfolgte, stark 2 R (0,217 Gr.) schwerer.

9ter Versuch.

Die Flasche positiv geladen, durch Entladen stark 1½ R (0,0879 Gr.) schwerer. Diese Versuche wurden mit demselben Erfolg noch mehrmals wiederholet.

§. 9.

Hier waren die Veränderungen beträchtlicher, als bey der blos inwendig verschlossenen Flasche, aber etwas weniges geringer, als bey der Glasplatte. Ich glaubte die geringeren Gewichtsveränderungen bey der inwendig verschlossenen Flasche möchten von dem Zug der umgebenden Luft gegen die äussere Belegung hergerühret haben, welcher wegen des belegten Bodens zum Theil nach unten ging, und die durch das Laden leich-

ter gewordene Flasche wieder schwerer machte. Dadurch gerieth ich auf den Gedanken, ob nicht die Gewichtsverminderungen in den Versuchen des vorhergehenden §s, durch einen ähnlichen Zug auf den Theil bbda nach oben, hervorgebracht, oder doch vermehret worden seyen? Daß aber dieses nicht der Fall war, erhellet daraus, weil die Flasche umgekehrt bey c an die Wage gehängt, unter übrigens gleichen Umständen, dieselben Erscheinungen zeigte. Die durchaus stärkern Gewichtsveränderungen der Glasplatte befremdeten mich nicht weiter, da bey derselben die geladene Oberfläche verhältnißmäßig mehr, als bey den Flaschen betrug.

Durch diese Reihe von Versuchen wurde ich geneigt anzunehmen: daß elektrische Nichtleiter sowohl durch positives, als negatives Laden leichter würden, und daß diese Veränderung des Gewichtes unmittelbar von dem elektrischen Zustande dieser Körper herrühre. Da man indessen bey solchen allgemeinen Folgerungen aus einzelnen Thatsachen nicht behutsam genug verfahren kann; so gab ich dem Herrn Hofrath Lichtenberg zu Göttingen, meinem verehrungswürdigsten Lehrer und Freunde, Nachricht von diesen Versuchen. Durch die mir gütigst mitgetheilten Bemerkungen

dieses vortreflichen Naturforschers, wofür ich demselben hier öffentlich meinen wärmsten Dank abstatte, bin ich zuerst auf einen Umstand aufmerksam geworden, der bey diesen Versuchen von der größten Wichtigkeit ist, den ich aber vorher völlig übersehen hatte. Es ist dieses die Anhänglichkeit der Luft an die Oberflächen der Körper, welche durch das Elektrisiren auf mancherley Weise verändert werden könnte, ohne daß der elektrische Zustand der Luft selbst beträchtliche Modificationen erlitte. Herr Hofrath Lichtenberg schlug mir zugleich einige Versuche vor, wodurch diese Frage entschieden werden könnte. Seine eigenen Worte hierüber sind folgende.

Ich wollte bitten hauptsächlich zu untersuchen: ob die Gewichtsverminderung sich nach dem Grade der Ladung richtet, oder ob eine nur wenig geladene Flasche nicht schon eben den Verlust erleidet als eine völlig geladene. Da ferner die Luft eine so seltsame Wirkung auf das überölte Wasser äussert, wie wäre es, wenn Sie von aussen und innen die Flasche mit einem dünnen Häutchen z. B. von Mandelöl überzögen?

§. 10.

Die Wichtigkeit dieser Einwendung: daß nämlich die durch das elektrische Laden hervorgebrachte

brachte Verminderung des Gewichtes, auch von einer veränderten Anhänglichkeit der Luft, an die Oberfläche des geladenen Körpers, herrühren könne, sahe ich alsbald ein, und beschloß daher, meine Versuche, mit besonderer Rücksicht auf die von Herrn Hofrath Lichtenberg gethane Vorschläge, von neuem vorzunehmen. Zuerst wiederhohlte ich die §. 8. beschriebenen Versuche, um zu sehen, ob die Gewichtsverminderungen dem Grade der Ladung proportional seyen. Mehrere Versuche, in welchen die Flasche bis auf 20° und 40° des henleyischen Quadrantenelektrometers geladen wurden, gaben einerlei Vermehrung des Gewichtes von $\frac{1}{2}$ R (0,0293 Gr.) indem die Flasche mit Spitzen an der Wage entladen wurde. In einigen andern Versuchen, in welchen die Flasche bis 60° geladen wurde, und schon anfieng sich selbst zu entladen, betrug die Vermehrung des Gewichtes durch das Entladen $\frac{3}{4}$ R (0,0437 Gr.) Bey allen diesen Versuchen wurde diese Veränderung in dem Gewichte, fast ganz, durch das erste Annähern der Spitzen, zu der an der Wage hängenden Flasche, hervorgebracht. Das anfängliche Entladen bewirkte also die Hauptsache, und der Stand der Wage änderte sich oft gar nicht weiter, wenn die Flasche hierauf völlig entladen wurde.

wurde. Diese Versuche zeigen, daß die Aenderungen in dem Gewichte sich zwar einigermaßen nach dem Grade der Ladung richteten, leiteten mich aber schon auf die Vermuthung, daß diese Aenderungen nicht unmittelbare Wirkungen der Elektricität seyn möchten, weil man sonst doch nicht wohl einsieht, warum der erste Anfang des Entladens das veränderte Gewicht fast ganz wieder herstellet. Auffallend ist es, wenn man bemerkt, daß die Veränderungen in dem Gewichte hier beträchtlich kleiner waren, als in meinen vorhergehenden, §. 8. beschriebenen, Versuchen mit derselben Flasche. Zum Theil erläutert sich dieß daraus. In meinen vorhergehenden Versuchen lud ich die Flasche meistens, bis das anfangende Knistern ein freiwilliges Entladen verrieth, brachte sie darauf so schnell als möglich an die Wage, und verfuhr bey dem Abwiegen auf die §. 4. beschriebene Weise. Ueberhaupt war es mir in meinen vorhergehenden Versuchen nicht so wohl, um die ganz genaue Größe der bewirkten Gewichtsveränderungen, als nur darum zu thun, ob das Gewicht durch das Elektrisiren vermehret oder vermindert werde. Jezt aber, da ich auf die Größe dieser Veränderung ein vorzügliches Augenmerk richtete, begnügte ich mich nicht blos,

den

den Stand des Wagebalkens, nach dem die geladene Flasche daran gebracht war, zu beobachten, sondern ich suchte auch denselben, durch Veränderung des Gegengewichtes, ehe ich anfieng zu entladen, zuerst in das Gleichgewicht zu bringen. Hierüber gieng nothwendiger Weise Zeit verlohren, während welcher die Flasche anfieng sich selbst zu entladen. Dadurch mußten die Gewichtsveränderungen etwas kleiner als in den vorhergehenden Versuchen ausfallen. Doch zweifelte ich, ob der Unterschied so viel betragen könnte, und argwöhnte, daß ich die Gewichtsveränderungen in den vorherigen Versuchen etwas zu groß gefunden habe. Da ferner der unbelegte Rand, der bey diesen Versuchen gebrauchten Flasche, noch mit der äusseren Luft in Berührung stand, so beschloß ich, eine Flasche so zuzurichten, daß daran, so viel möglich, alles vor dem Zutritte der äusseren Luft abgeschlossen wäre.

§. 11.

Zuvor wiederholte ich die §. 4. beschriebenen Versuche mit der Glasplatte, um zu sehen, ob auch hierbey die Gewichtsveränderungen dem Grade der Ladung proportional seyen. Die Glasplatte mehrmalen bis 40° des henleyischen

Qua-

Quadranteneleftrometers geladen, und an der Wage ins Gleichgewicht gebracht, wurde durch Entladen 1 R (0,0586 Gr.) bis 80° geladen, (wobey die Glasplatte anfing zu knistern) stark 2 R (0,117 Gr.) bis 3 R (0,1758 Gr.) schwerer. Diese Versuche beweisen übereinstimmend mit denen des vorhergehenden §s, daß die Aenderungen in dem Gewichte sich nach dem Grade der Ladung richteten. Nun schritte ich zur Verfertigung der vorerwähnten ganz verschlossenen Flasche. Ich belegte ein Apothekerfläschgen von 3 Unzen Maß auf die gewöhnliche Weise, Fig. 25. Tab. II. sprengte ein 6 Unzen Glas in der Mitte bey a a von einander, brachte das Fläschchen b hinein, und küttete die Mündung desselben bey c mit Siegellak luftdicht an. Hierauf verschloß ich ähnlichermaßen die Oefnung a a, und den Communicationsdrath d luftdicht. Bey e ging ein kleines Staniolplättchen, von der äussern Belegung der Flasche b, zur äusseren Seite der umschliessenden Flasche, und war auf die lezere glatt aufgeleimt. Der Rand um dieses Blättchen, so wie der Hals der äussern Flasche, wurde einen Zoll breit mit Siegellakfirniß überzogen.

§. 12.

Mit dieser Flasche stellte ich sehr sorgfältig, nach

nach der §. 10. beschriebenen Methode, mehrere Versuche an, und fand durch Entladen an der Wage gar keine merkliche Gewichtsveränderung. Ich setze die Versuche selbst her.

10ter Versuch.

Die Flasche, bis 20° geladen, wurde anfänglich durch Entladen etwas schwerer, nachdem sie völlig entladen war, kaum merklich schwerer.

11ter Versuch.

Bis 20° geladen, durch Entladen ½ R (0,0293 Gr.) schwerer.

12ter Versuch.

Bis 40° geladen, durch Entladen eher etwas leichter.

13ter Versuch.

Bis 45° geladen, durch Entladen gar keine merkliche Veränderung.

14ter Versuch.

Nochmals bis 45° geladen, (die Flasche knisterte) durch Entladen 1 R (0,0586 Gr.) schwerer.

Die in diesen Versuchen, den lezten ausgenommen, bemerkten entgegengesezten Gewichtsveränderungen schreibe ich blos den unvermeid-

meidlichen Fehlern in dem Verfahren zu. Nunmehr überstrich ich die ganze äussere Fläche der umschliessenden Flasche, bis auf das Staniolblättchen bey e und die überfirnißten Theile, welche trocken blieben, mit einem ganz dünnen Häutchen von Mandelöl, und verfuhr übrigens bey den Versuchen wie vorher.

15ter Versuch.

Die geölte Flasche, bis 45° geladen, wurde durch Entladen über 3 R (0,1758 Gr.) schwerer.

16ter Versuch.

Bis 30° geladen, durch Entladen stark $1\frac{1}{2}$ R (0,0879 Gr.) schwerer.

17ter Versuch.

Bis 20° geladen, durch Entladen 2 R (0,1172 Gr.) schwerer.

Nachdem das Oel mit Seifenwasser abgewaschen, und die Flasche wohl abgetroknet war, so verhielt sie wieder völlig so, wie unbestrichen, d. i. sie zeigte durch das Laden und Entladen gar keine merkliche Gewichtsveränderung.

§. 13.

Durch diese Versuche schien mir Herrn Hofrath Lichtenbergs Vermuthung: daß die Gewichtsverän-

veränderungen blos von der durch die Elektricität afficirten Adhäsion der Luft an die Oberfläche herrühren, völlig bestättiget zu seyn. Nur über die Art wie diese Affection durch die Electricität bewirkt wurde, blieben mir noch Zweifel übrig. Wenn nämlich in den erzählten Versuchen nur alsdann eine Gewichtsveränderung bemerkt worden wäre, wenn eine freie, mitgetheilte Elektricität mit der äussern Luft in Berührung gestanden hätte, so ließ sich, wenigstens mit vieler Wahrscheinlichkeit, vermuthen, daß die elektrische Materie die Oberfläche des elektrischen Körpers, gleichsam wie eine Hülle, überzogen, und die Luft aus der Stelle verdrängt habe. Die angeführten Versuche würden alsdann, wenn sie gleich eher wider, als für die Ponderabilität der elektrischen Materie entscheiden, doch das Daseyn einer solchen Materie direct erweisen. Bey allen Versuchen mit der Glasplatte war offenbar eine mitgetheilte Elektricität mit der äusseren Luft in Berührung. Eben so konnten die, ohnehin kleinen, Gewichtsveränderungen der nicht völlig eingeschlossenen Flasche in dem 8ten und 9ten Versuche §. 8. blos von der, dem unbelegten Rande, mitgetheilten Elektricität, welche mit der äusseren Luft in Berührung stand, entspringen. Woher kam es aber, daß die §. 11. beschriebene, ganz eingeschlossene, Flasche geölet Gewichtsverände-

run-

rungen durch das Laden, und ungeölet keine zeigte? Sollte nicht das Mandelöl, welches die äussere Fläche der umschliessenden Flasche überzog, als ein Leiter, Elektricität von der inneren Flasche auf die äussere geführet, und so mit der Luft in Berührung gebracht haben? Um diese Frage aufzulösen, beschloß ich die äussere Fläche der umschliessenden Flasche mit einer Flüssigkeit zu überziehen, welche bey einer gleichen oder noch stärkeren Leitbarkeit, als das Mandelöl, eine andere Verwandschaft gegen die Luft besäße. Zeigten sich alsdenn dieselben Gewichtsveränderungen, wie bey der gölten Flasche, so mußte dadurch meine obige Muthmassung bestättiget, gegentheils aber völlig aufgehoben werden. Zu dieser Absicht wählte ich anfänglich das zerflossene Weinsteinsalz. Die Erfahrung lehrte mich aber bald, daß diese Flüssigkeit aus der elektrisirten Flasche stark verdunstete und sich kristallisirte, wodurch die Versuche, das Gewicht der Flasche betreffend, nothwendig fehlerhaft ausfallen mußten. Ich glaubte meinen Endzwek besser zu erreichen, wenn ich mich der verdünnten Vitriolsäure bediente, und meine Erwartung täuschte mich nicht. Ich erhielt durch Vermischung von einem Theil Vitriolöl, mit zwei Theilen Wasser, eine Flüssigkeit, welche weder merklich verdunstete, noch Feuchtigkeit aus der Luft anzog. Die damit

mit bestrichene Flasche wurde mehrmalen auf 20° und 40° geladen, zeigte aber niemals durch Entladen an der Wage eine merkliche Gewichtsveränderung. Sie verhielt sich also gerade so, wie unbestrichen, ungeachtet die verdünnte Vitriolsäure eben sowohl, wie das Mandelöl, Elektricität auf die äussere Oberfläche der Flasche geführet haben würde. Es ist daher zur Verminderung des Gewichtes der Körper durch das Elektrisiren nicht gerade nöthig, daß eine freie mitgetheilte Elektricität mit der äusseren Luft in Berührung stehe.

§. 14.

Aus dem Bisherigen scheinen mir folgende Sätze als Thatsachen erwiesen zu seyn.

1.) Die Elektricität vermindert die Anhänglichkeit der Luft an die Oberflächen, und eben dadurch das Gewicht der Körper.

2.) Diese Verminderung der Anhänglichkeit der Luft steht gewissermaßen im directen Verhältnisse des Grades der Elektricität, und in dem umgekehrten der Verwandschafr zwischen der Luft und der Oberfläche des elektrischen Körpers.

3.) Wahrscheinlich, ich sage wahrscheinlich, wird die verminderte Anhänglichkeit der Luft an

die

die Oberflächen der Körper vorzüglich durch den expandirenden Theil des elektrischen Fluidi bewirkt.

So wie diese drei Sätze aus den angestellten Versuchen folgen, eben so erläutern sich umgekehrt die bey den Versuchen bemerkten Erscheinungen aus diesen Sätzen. Bey der ganz eingeschlossenen Flasche konnte die elektrische Ladung in dem 10ten — 13ten Versuche auf der äusseren Fläche der umgebenden Flasche, so lange dieselbe ungeölet war, keine hinlängliche Elektricität durch Vertheilung hervorbringen, um die Anhänglichkeit zwischen Luft und Glas aufzuheben, oder nur merklich zu vermindern. Durch das Oelen wurde die Oberfläche des Glases mit einem Körper überzogen, welcher viel weniger Verwandschaft zur Luft besaß, und nun war ein geringer Grad der Elektricität schon hinreichend, eine Verminderung der Anhänglichkeit der Luft an die geölte Oberfläche zu bewirken (15. 16. 17. Versuch). In dem 14ten Versuch §. 12. fand auch bey der ungeölten Flasche eine Verminderung in der Anhänglichkeit der Luft statt, aber da war auch der Grad der elektrischen Ladung stärker, und vorzüglich verrieth das Knistern ein freiwilliges Entladen, und also einen Ueberfluß von expandirendem Fluido in der elektrischen Ladung. Die ver-

verdünnte Vitriolsäure, womit die Flasche nach der Hand bestrichen wurde, besaß ungefehr dieselbe Verwandschaft zur Luft, als das unbestrichene Glas, und die Versuche mußten daher eben so, wie mit der unbestrichenen Flasche, ausfallen. Den 3ten der oben angeführten Sätze habe ich vorzüglich aus folgenden Erscheinungen abgeleitet. Die Gewichtsveränderungen waren alsdann am beträchtlichsten, wenn die Flasche oder die Glasplatte bis zum Knistern geladen wurde. Ferner brachte der erste Anfang des Entladens die Veränderungen in dem Gewichte größtentheils allein hervor, und es ist bekannt, daß der expansive Theil des elektrischen Fluidi durch das allmählige Entladen mit Spitzen zuerst weggeführet wird.

Uebrigens erhellet, daß keiner unter den vorhergehenden Versuchen die Ponderabilität, oder auch nur das Daseyn der elektrischen Flüssigkeit direct erweiße. Denn wer sich einfallen ließ, die elektrischen Erscheinungen aus einem blosen veränderten Zustande der Körper zu erklären, der könnte auch diesem die Verminderung in der Anhänglichkeit der Luft zuschreiben. Wenn man aber, wie ich glaube, aus den übrigen elektrischen Erscheinungen berechtiget ist, den Grund derselben in einer materiellen Ursache zu suchen: so geben

meine

meine Versuche einen neuen Beweiß, daß die elektrische Flüssigkeit, eben so wie andere Materien, nicht nur selbst den Verwandschaftsgesetzen unterworfen ist, sondern auch durch ihre Beymischung die Verwandschaften anderer Körper veränderet. Auch scheinen mir meine Versuche im Gegentheil zu beweißen, daß es Stoffe gebe, welche völlig unponderabel sind, und demungeachtet eine sehr wichtige Rolle bey den Phänomenen der Körperwelt spielen.

§. 15.

Ich suchte nun auch die Oberfläche der in den vorhergehenden Versuchen mehrmals erwähnten Glasplatte auf verschiedene Weise zu verändern, um zu sehen, was für Aenderungen daraus in der durch das elektrische Laden bewirkten Gewichtsverminderung entstünden. Zuerst überfirnißte ich die ganze Oberfläche der Glasplatte stark mit Siegellack, und stellte darauf die Versuche damit, wie oben, nach der §. 10. beschriebenen Methode an. Sie gaben, die Gewichtsveränderungen betreffend, keine merklich verschiedene Resultate von denen mit der nicht überfirnißten Platte. Hierauf zog ich über den Siegellackfirniß noch ein dünnes Häutchen von Mandelöl, und stellte die Versuche von neuem an.

18ter Versuch.

Die Glasplatte fieng, bis 60° geladen, schon an auszuströhmen, und wurde durch Entladen gut 1 R (0,0586 Gr.) schwerer.

19ter Versuch.

Bis 85° geladen, wurde die Glasplatte durch Entladen $1\frac{1}{2}$ R (0,0879 Gr.) schwerer. Die Gewichtsveränderungen waren in diesen beyden Versuchen geringer, als bey der ungeölten, und ungefirnißten Glasplatte. Dieses widerspricht auch dem oben angeführten 2ten Satze keinesweges. Denn obgleich die Veränderung in der Anhänglichkeit der Luft an die Oberflächen der Körper gewissermaßen im directen Verhältnisse des Grades der Elektricität, und im umgekehrten der Verwandschaft zwischen der Luft und den Oberflächen steht: so erhellet doch daß die durch die verminderte Anhänglichkeit der Luft bewirkte Gewichtsverminderung ein Größtes erreichen müsse, wenn endlich die Anhänglichkeit der Luft an die Oberflächen ganz aufgehoben wird. Der Werth dieses Größten muß aber desto kleiner ausfallen, je geringer die Verwandschaft zwischen der Luft und den Oberflächen, ehe die Elektricität anfieng zu wirken, gewesen ist. Da nun das Oelen diese

Ver-

Verwandschaft vermindert, also in den obigen Versuchen schon einen Theil der Anhänglichkeit der Luft an die Glasplatte zerstöhrte, so erhellet, daß die Gewichtsveränderungen durch das Laden bey der geölten Glasplatte kleiner, als bey der ungeölten ausfallen mußten.

§. 16.

Da alle von §. 10. an u. s. w. beschriebenen Versuche, woraus die Sätze §. 14. hergeleitet sind, blos mit positiver Elektricität angestellt waren, so wollte ich nochmals prüfen, ob, wie ich schon aus meinen ersten Versuchen (§. 9.) geschlossen hatte, die negative Elektricität in Rücksicht auf die Gewichtsveränderungen einerley Wirkung mit der positiven hervorbrächte. Ich lud die ganz eingeschlossene Flasche Tab. II. Fig. 25. negativ und fand ihr Gewicht durch das Entladen gar nicht merklich verändert. Darauf bestrich ich die äussere Seite der umschliessenden Flasche mit Mandelöl, und fand nun die negativ geladene Flasche durch das Entladen schwerer. Es verhielt sich also die negative Elektricität hier gerade so, wie die positive in den (§. 12.) beschriebenen Versuchen. Man kann daher allgemein behaupten, daß beyde Elektricitäten einerley Wirkung auf die Adhäsion der Luft an die

Oberflächen der Körper, wenigstens in so fern dadurch eine Veränderung des Gewichtes hervorgebracht wird, äussere.

Fortsetzung der vorhergehenden Versuche, über die Veränderungen, welche die Elektricität an den Oberflächen, und in dem Gewichte der Körper hervorbringt.

§. 17.

Meine zulezt beschriebenen Versuche wurden von Herrn Hofrath Lichtenberg mit vielem Beyfall aufgenommen. Dieß munterte mich auf, dieselben noch weiter fortzusetzen. Hauptsächlich nahm ich mir vor, zu untersuchen: ob, und wie die Veränderung in der Adhäsion der Luft an die elektrisirten Oberflächen mit dem Grade der elektrischen Leitbarkeit der lezteren im Verhältnisse stehe?

Hierzu gab mir die Glasplatte, deren ich mich bey den vorhergehenden Versuchen (§. 4—11.) bedienet hatte, ein bequemes Mittel an die Hand. Ich belegte die Oberflächen derselben nach und nach mit verschiedenen Körpern, und unter-

untersuchte, wie sich die Gewichtsveränderungen durch das Laden bey ieder Belegung der Glasplatte verhielten. Zuerst wählte ich zur Belegung sehr vollkommene Leiter (zwei Staniolblätter) von derselben Größe, als die metallenen Teller, zwischen welchen ich vorher die Glasplatte geladen hatte. *)

Der Staniol wurde mit heißem Leim so dicht als möglich auf das Glas gelegt, und mit einem Achat so lange geglättet, bis seine Oberflächen ziemlich vollkommene Spiegel wurden.

Die Versuche mit der so belegten Glasplatte sind folgende.

1ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 40° geladen, wurde durch Entladen von selbst, und mit Spitzen, 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

2ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 50° geladen, wurde durch Entladen stark $5\frac{1}{2}$ R beynahe 6 R (0,3516 Gr.) schwerer.

Wenn

*) Anm. Die metallenen Teller halten 2 Zoll 8 Linien par. Maß im Halbmesser, ihr kreißförmiger Flächeninhalt betrug daher 22,3 Quadratzolle.

3ter

Wenn man diese Versuche mit dem (§. 4 u. 11.) beschriebenen vergleicht, so erhellet, daß die unbelegte Glasplatte, nachdem sie zwischen zwei metallenen Tellern war geladen worden, etwa nur halb so viel Gewichtsveränderung bey einem gleichen Grade der Laduug zeigte, als die mit Staniol belegte. Diese so viel beträchtlichere Wirkung der Elektricität bey der belegten Platte konnte (§. 13.) von einer geringern Verwandschaft zwischen dem Staniol und der Luft, als zwischen der leztern und dem Glase; oder, welches mir wahrscheinlicher ist, davon herrühren, daß die leitende Oberfläche des Staniols der elektrischen Flüssigkeit eine freiere Bewegung, als die Oberfläche des Glases verstattete. Die folgende Versuche bestärkten mich in dieser Meinung.

3ter Versuch.

Nachdem die beyden Staniolbelegungen mit Mandelöl überstrichen waren, wurde die Glasplatte etlichemal bis 40° geladen, und durch Entladen iedesmal 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

4ter Versuch.

Die Belegungen wurden von neuem stärker mit Mandelöl bestrichen. Die Platte bis 85° geladen, durch Entladen $3\frac{1}{2}$ R (0,2048 Gr.) schwerer.

5ter

5ter Versuch.

Die Platte, bis 80° geladen, durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

§. 18.

In den beyden lezten Versuchen knisterte die Glasplatte sehr stark, und wurde durch Selbstentladen an der Wage nach und nach schwerer. Im Vorbeygehen will ich hier erinnern, daß ich nicht nur in den fünf obenstehenden, sondern auch in den meisten noch folgenden Versuchen, durchgehends, und sehr bestimmt, bemerkt habe, daß die geladene Platte durch allmähliches Entladen theils von selbst, theils mit Spitzen, an der Wage nach und nach schwerer wurde. Dadurch wird also mein oben §. 14. allgemein behaupteter Satz: „die Veränderungen in dem Gewichte würden „größtentheils durch den ersten Anfang des Ent„ladens allein hervorgebracht;" sehr eingeschränkt. Er gilt wahrscheinlicher Weise nur dann, wenn ein elektrisirter Körper so in einen andern eingeschlossen ist, daß eine blos durch Vertheilung auf der Oberfläche des einschliessenden Körpers bewirkte Elektricität, die Adhäsion der Luft an diese Oberfläche afficiret.

6ter Versuch.

Nachdem der geölte Staniol mit Löschpapier abgetroknet war, wurde die Platte, bis 60° geladen, durch Entladen 3 R (0,1758 Gr.) schwerer.

7ter Versuch.

Die Platte, bis 80° geladen, durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

Die Gewichtsveränderungen waren bey der Glasplatte merklich geringer, so bald die Staniolbelegungen mit Oel überzogen wurden, und selbst nachdem das Oel wieder weggewischet war, wodurch aber nicht wohl alle Fettigkeit weggenommen werden konnte. Dies erläutert sich, unter der Voraussetzung, daß das Oel die Adhäsion der Luft an die polirte Metallfläche, welche vorher sehr stark war, zum Theil aufgehoben habe. Man muß also die so viel stärkeren Gewichtsveränderungen bey der belegten, als bey der unbelegten Glasplatte lediglich der leitenden Beschaffenheit der Oberflächen von der belegten Glasplatte zuschreiben.

Diese Behauptung wird durch das Folgende immer mehr begründet werden.

§. 19.

§. 19.

Da die Staniolbelegungen, als sehr vollkommene Leiter eine so beträchtliche Vermehrung in den Gewichtsveränderungen bewirkt hatten, so war ich begierig zu untersuchen, ob eine weniger leitende Belegung auch eine verhältnißmässig geringere Gewichtsveränderung hervorbrächte. Ich nahm daher den Staniol von der Glasplatte ab, und leimte statt dessen eine eben so große Belegung von Goldpapier, die vergoldete Seite nach aussen gekehret, auf. Folgendes sind die damit angestellten Versuche.

8ter Versuch.

Die mit Goldpapier überzogene Glasplatte, bis 80° geladen, wurde durch Entladen 5 R (0,293 Gr.) schwerer.

9ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 70° geladen, durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

10ter Versuch.

Die Glasplatte bis 45° Grad geladen, durch Entladen 3 R (0,1758 Gr.) schwerer.

Ich überfirnißte hierauf das Goldpapier mit Siegellak, und untersuchte die Gewichtsveränderungen derselben durch das Laden von neuem.

11ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 65° Grad geladen, wurde durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

12ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 60° geladen, 3 R (0,1758 Gr.) durch Entladen schwerer.

13ter Versuch.

Die Glasplatte, bis 80° geladen, durch Entladen $4\frac{1}{2}$ R (0,2834 Gr.) schwerer.

Nun strich ich über den Siegellakfirniß noch Mandelöl, und verfuhr übrigens eben so.

14ter Versuch.

Die geölte Glasplatte, bis 60° geladen, wurde durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

15ter Versuch.

Bis 50° geladen, entladen 3 R (0,1758) schwerer.

16ter Versuch.

Nachdem das Oel mit Löschpapier abgetroknet war, wurde die Platte, bis 60° geladen, durch Entladen 4 R (0,2344 Gr.) schwerer.

§. 20.

Aus den Versuchen des vorhergehenden Paragraphes lassen sich mehrere schöne Folgerungen her-

herleiten. Vorerst erhellet aus der Vergleichung des 8ten 9ten und 10ten Versuches mit dem 1ten und 2ten (§. 90.), daß die durch das Laden der Glasplatte hervorgebrachten Gewichtsverände=rungen, wirklich mit dem Grade der Leitbarkeit der Belegungen einigermaßen im Verhältnisse standen. Ob dieses Verhältniß mit dem Verhält=nisse der Leitbarkeit zwischen Staniol und Gold=papier (wenn man dieß auch völlig genau be=stimmt hätte) ganz einerley gewesen sey, läßt sich freilich nicht mit Gewißheit behaupten; theils weil sich die Stärke der Ladung nach der Angabe des Elektrometers nicht genau bestimmen läßt, theils aber, und vorzüglich, weil ich bis iezt noch nicht dahin gelangen konnte: das Gesez, wie die Gewichtsveränderungen mit dem Grade der La=dung zunehmen, mit Gewißheit auszumachen. Ferner erhellet aus dem 12ten und 13ten, ver=glichen mit dem 10ten und 8ten Versuche, daß die Gewichtsveränderungen der geladenen Glas=platte noch weiter abnahm, indem die leitende Kraft der Oberfläche der Belegung durch Ueber=firnissen mit Siegellak verringert wurde. Dage=gen nahmen diese Gewichtsveränderungen in dem 14ten 15ten und 16ten Versuche, als über den Siegellakfirniß noch Mandelöl gestrichen wurde, wieder etwas zu. Auch dieß stimmt mit den bis=her beobachteten Phänomenen vollkommen über=ein.

ein. Der Siegellakfirniß verhinderte, als ein Nichtleiter, die freie Wirkung der, in der leitenden Oberfläche des Goldpapiers sich befindenden, Elektricität auf die Adhäsion der Luft. Das Oelen hingegen, indem es die Verwandschaft zwischen der Luft und der gefirnißten Oberfläche, schwächte, erleichterte und beförderte die Wirkung der Elektricität auf die Adhäsion der Luft. Es darf also nicht befremden, daß das Oelen hier gerade die entgegengesezte Erscheinung, von derienigen, welche es bey den Staniolbelegungen verursachte, hervorgebracht hat. Dort war die Kraft der Elektricität hinlänglich, um die Anhänglichkeit der Luft allein zu vermindern, und das Oelen nahm der Elektricität einen Theil ihrer Wirkung ab; hier aber mußte es dieselbe erst hervorbringen helfen.

§. 21.

Um das Verhältniß, welches ich zwischen der leitenden Kraft der Oberflächen und den durch die Elektricität bewirkten Gewichtsveränderungen in den beschriebenen Versuchen entdekt hatte, noch weiter zu prüfen, nahm ich das Goldpapier wieder von der Glasplatte hinweg, und brachte statt dessen zwei Belegungen von star-

kem

kem weißen Schweitzerpapier (sogenanntes pro patria) darauf. Die Abnahme der Leitbarkeit von dem Gold zu diesem Papier ist freilich viel grösser, als von dem Staniol zu dem Goldpapier. Die Abnahme in den Gewichtsveränderungen war aber bey den folgenden Versuchen ebenfalls größer.

17ter Versuch.

Die mit Papier belegte Glasplatte bis 70° geladen, entladen 1 R (0,0586 Gr.) schwerer.

18ter Versuch.

Die Platte, wie vorher geladen, entladen 1½ R (0,0876 Gr.) schwerer.

19ter Versuch.

Die Glasplatte bis 70° geladen, entladen 2½ R (0,146 Gr.) schwerer.

20ter Versuch.

Die Platte nochmals bis 70° geladen, entladen 1½ R (0,0876 Gr.) schwerer.

21ter Versuch.

Nachdem die Oberfläche des Papiers mit einem Achat so viel möglich geglättet war, wurde die Glasplatte bis 70° geladen, und durch Entladen 2 R (0,117 Gr.) schwerer. Dieser Versuch

wurde

wurde noch zweimal mit demselben Erfolg wiederholet.

Ich bestrich hierauf die beyden geglätteten Papierbelegungen mit einem durch Weingeist bereiteten Kopalfirniß, nachdem ich zuvor mit dem ungefirnißten Papier auf ieder Seite der Platte ein kleines Staniolblättchen in Verbindung gebracht hatte, um die Platte noch eben so gut, wie vorher laden und entladen zu können.

22ter Versuch.

Die Glasplatte unter den erwähnten Umständen bis 60° geladen, wurde durch Entladen kaum 1 R (0,0586 Gr.) schwerer. Dieser Versuch wurde noch etlichemal mit gleichem Erfolg wiederholet.

Die Gewichtsveränderungen betrugen bey den Papierbelegungen im Durchschnitt genommen den 3ten Theil bis die Hälfte von demienigen, welche die Glasplatte zeigte während sie mit Goldpapier belegt war. Das Glätten scheint in der Anhänglichkeit der Luft an die Oberflächen des Papiers keine merkliche Veränderung hervorgebracht, wohl aber das Ableiten der dem Papier mitgetheilten Elektricität in die Luft mehr verhindert zu haben, wodurch die Versuche gleich-

för-

förmiger ausfielen. Nachdem aber die geglättete Oberfläche des Papiers durch Ueberfirnissen ein noch unvollkommener Leiter wurde, so verminderte dieß auch die Gewichtsveränderungen von neuem, wie aus Vergleichung des 22ten Versuchs mit den unmittelbar vorhergehenden erhellet. Da das ungefirnißte Papier näher an die Classe der Nichtleiter, als Leiter gränzet, so verursachte dieß, daß die damit belegte Glasplatte nicht auf einmal, sondern nur allmählig mit einem schwach zischenden Funken, auch wenn die Verbindung von einer Belegung zur andern ein sehr vollkommener Leiter war, entladen werden konnte.

Dieser Umstand brachte mich auf den Gedanken, daß vielleicht die Glasplatte bey gleicher Angabe des Elektrometers einen viel geringern Grad der Ladung besessen haben möchte, als bey den Versuchen, welche mit den vollkommener leitenden Belegungen angestellt worden sind.

Die geringere Gewichtsveränderung könnte also auch blos von einem geringeren Grade der Ladung in der Glasplatte hergerühret haben. Doch kam mir dieser Zweifel wieder etwas unwahrscheinlicher vor, wenn ich bedachte, daß das Laden und Entladen bey einer schlecht leitenden

Belegung zwar langsamer als bey einer vollkommner leitenden erfolge, die Ladung aber, welche auf der Oberfläche des Glases selbst vor sich geht, mit der Zeit einerley Intensität erreichen mußte. Das etwa abgerechnet, daß, da die bey der Ladung eindringende sowohl, als ausströmende Elektricität hier mehr Widerstand findet, die ausdehnende Kraft des ersten Leiters eher mit der ausdehnenden Kraft des zu ladenden Körpers ins Gleichgewicht kommt. Um also zu sehen ob dem geringeren Grade der Ladung, oder der geringeren Leitbarkeit der Belegung, oder, welches aus der nur angestellten Betrachtung am wahrscheinlichsten ist, beyden zugleich die Verminderung in den Gewichtsveränderungen zuzuschreiben sey, so stellte ich die in dem folgenden Paragraph beschriebenen Versuche an.

§. 22.

Ich belegte die Glasplatte auf beyden Seiten mit Staniol. Ueber den Staniol leimte ich von dem zu den vorhergehenden Belegungen genommenen Papier, so daß der Staniol zu beyden Seiten der Glasplatte, bis auf eine kleine Stelle in der Mitte, welche zum Laden und Entladen der Platte frei blieb, bedekt war. Da bey dieser Einrichtung die Ladung ganz vollkommen

vor

vor sich gehen konnte, dabey aber die Luft, wie in dem 21ten Versuche, mit der geglätteten Oberfläche des Papiers in unmittelbarer Berührung stand, so schloß ich, müßte die Gewichtsveränderung größer oder eben eben so groß, als dort ausfallen, je nachdem dieselbe in dem 21ten und vorhergehenden Versuchen von dem Grade der Ladung, oder der Leitbarkeit der Belegung abgehangen habe. Keines von beyden fand statt, wie folgendes beweiset.

23ter Versuch.

Die Glasplatte zuerst mit Staniol, und über den Staniol mit geglättetem Papier belegt gab, bis 60° geladen durch Entladen gar keine merkliche Veränderung in dem Gewichte. Der Versuch wurde einigemal mit demselben Erfolg wiederholet.

Erst das Resultat dieses Versuchs belehrte mich, daß dieser Versuch nicht dazu diente meine am Ende des vorhergehenden Paragraphs aufgeworfene Frage direct zu entscheiden. Uebrigens aber ist dieses Resultat merkwürdig, als eine Bestättigung meiner oben (§. 16.) gemachten Schlüsse. Die Erscheinungen des Versuchs erläutern sich nämlich folgendermaßen. Da, bey der beschriebenen Einrichtung der Glasplatte, der Sta-

niol, und nicht das Papier, die eigentliche Belegung ausmachte, so ging die Ladung auch blos durch den Staniol auf der Glasplatte vor sich, und nur dieser wurde durch Mittheilung elektrisiret, der elektrische Zustand des Papiers aber, als eines sehr unvollkommnen Leiters nur wenig verändert. Da nun die Luft blos mit der Oberfläche des Papiers in unmittelbarer Berührung stand, so ist begreiflich wie die Adhäsion der Luft an dieser Oberfläche ebenfalls nur sehr wenig afficiret werden konnte. Die Glasplatte war in ihren Belegungen hier auf eine ähnliche Weise eingeschlossen, wie die Flasche Tab. II. Fig. 25., und der Erfolg des obigen 23ten Versuches kommt auch sehr nahe mit den Resultaten des 11ten bis 14ten Versuches §. 14. überein. Diese Uebereinstimmung wurde noch weiter bestättigt, nachdem ich das Papier an der Glasplatte mit Mandelöl überstrichen hatte, und darauf die Versuche von neuem anstellte.

24ter Versuch.

Die Glasplatte wurde, nachdem das Papier mit Mandelöl bestrichen war, bis 40° geladen, durch Entladen $3\frac{1}{2}$ R (0,2048 Gr.) schwerer. Dieser Versuch wurde mit gleichem Erfolg nochmals wiederholt.

Das

Das Oelen machte das Papier zu keinem besseren Leiter, als vorher, verminderte aber die Anhänglichkeit der Luft an dasselbe, und bewirkte dadurch, wie in dem 15—17ten Versuche (§. 14.), daß ein geringer Grad von Elektricität diese Anhänglichkeit der Luft noch weiter zerstöhren konnte. Auch verschwand die Wirkung des Oelens wieder; so bald die Oberfläche des Papiers von neuem verändert wurde, wie folgender Versuch lehret.

25ter Versuch.

Nachdem die Oberfläche des mit Oel getränkten Papiers etlichemal mit Kopalfirniß überstrichen war, wurde die Glasplatte, bis 40° geladen, durch Entladen kaum 1 R (0,0586 Gr.) schwerer.

Ungeachtet die nur erzählten Versuche die am Ende des 20. §. gethane Frage nicht direct auflösen, so thun sie es doch indirect, indem sie, wie ich glaube, zu folgenden Schlüssen berechtigen.

Die größere Gewichtsveränderung des 24ten Versuchs, welche von der Ladung der Platte, durch das geölte Papier hindurch, auf der Oberfläche desselben bewirkt wurde, verglichen mit den Gewichtsveränderungen des 18—22ten Versuches (§. 21.) beweiset, daß die Intensität der Ladung der mit Staniol belegten Platte, bey gleicher

gleicher Angabe des Elektrometers, größer gewesen seyn müsse, als bey der mit Papier belegten. Daß aber die geringeren Gewichtsveränderungen in dem 18 bis 22ten Versuche nicht allein von dem Grade der Ladung abgehangen haben, erhellet, wenn man sie mit denen (§. 12.) vergleicht, welche die ganz unbelegte zwischen metallenen Tellern geladene Glasplatte zeigte. Diese leztere waren nicht größer, ungeachtet die Ladung der Glasplatte dort vollkommner war, aber die leitende Kraft der Glasoberflächen war geringer, als der papiernen Belegungen. Aus dem bisher gesagten scheint mir folgender Satz zu fließen:

Die durch die Elektricität bewirkte Verminderung der Adhäsion der Luft an die Oberflächen der Körper steht, bey übrigens gleichen Umständen, im directen Verhältnisse der leitenden Kräfte der Oberflächen.

§. 23.

Nachdem ich die papiernen Ueberzüge von den Staniolbelegungen der Glasplatte weggenommen hatte, lud ich die Glasplatte, und brachte sie wie gewöhnlich an die Wage, um zu untersuchen, ob das Resultat, mit den Resultaten des 1ten und 2ten Versuchs (§. 18.) übereinstimmte. Ich wurde nicht wenig überrascht, als die Glasplatte etlichemal bis 60° geladen, gar keine merkliche Veränderung

änderung zeigte, und nur einmal durch Entladen $1\frac{1}{2}$ R schwerer wurde. Theils wurde ich dadurch mistrauisch gegen meine §. 18. beschriebene Versuche, theils kam ich auf die Vermuthung, ob vielleicht der Leim, womit das Papier auf den Staniol gezogen war, und das Oel, welches durch das Papier hindurch gedrungen seyn könnte, diese große Veränderung bewirkt haben sollten. Ich nahm also den alten Staniol von der Glasplatte weg, und belegte dieselbe von neuem mit ganz reinem Staniol. Nun wurde die Glasplatte, mehrmals bis 60° geladen, durch Entladen jedesmal stark 6 R (0,3516 Gr.) schwerer. Hierdurch waren meine obigen Versuche völlig bestättigt. Ich überleimte darauf den Staniol, und nachdem der Leim getroknet war, stellte ich folgende beyden Versuche an.

26ter Versuch.

Die mit überleimten Staniol belegte Glasplatte bis 50° geladen entladen 3 R (0,1758 Gr.) schwerer.

27ter Versuch.

Die Glasplatte unter denselben Umständen wie im vorhergehenden Versuche bis 60° geladen, durch Entladen $3\frac{1}{2}$ R (0,2048 Gr.) schwerer.

Durch das blose Ueberleimen des Staniols wurden die Gewichtsveränderungen durch das

Elektrisiren beynahe bis auf die Hälfte vermindert. Ich rieb nun vermittelst Löschpapier etwas Mandelöl in die geleimte Oberfläche des Staniols ein, und stellte noch folgende Versuche an.

28ter Versuch.

Die Glasplatte, nachdem es etwas Mandelöl in den Leimüberzug des Staniols gerieben war, bis 70° geladen, gab durch Entladen keine merkliche Veränderung in dem Gewichte an.

29ter Versuch.

Die Glasplatte unter denselben Umständen nochmals bis 70° geladen, durch Entladen 1 R (0,0586 Gr.) schwerer.

Diese Versuche bewiesen, daß der Leim und das Mandelöl völlig hinreichend waren, die Oberfläche der Staniolbelegung so zu verändern, daß die Gewichtsveränderungen durch das Elektrisiren fast ganz unmerklich wurden. Der Erfolg dieser Versuche berechtiget zu der Voraussetzung, daß das Ueberleimen sowohl, als das Ueberölen der Oberfläche des Staniols die Anhänglichkeit der Luft an diese Oberfläche vermindere, und zwar beydes zusammen genommen so stark, daß die Elektricität keine weitere Verminderung in der Anhänglichkeit der Luft bewirken kann.

§. 24.

Da ich bisher immer angenommen hatte, durch das Ueberölen der Oberflächen werde die Adhäsion der Luft an dieselben vermindert, so war ich begierig durch einen directen Versuch mich von der Wahrheit dieser Annahme zu überzeugen. In dieser Absicht beschloß ich zu untersuchen, ob ein

ein Blatt von dem zu den Versuchen §. 21. genommenen Papier durch bloses Oelen ohne Zuthun der Elektricität schon etwas von seinem Gewichte verlöre. Dabey ging ich folgendermaßen zu Werk.

An der Wage ab Fig. 22. Tab. II. brachte ich das Gefäß voll Mandelöl, nebst dem zum Oelen des Papiers nöthigen Pinsel und das noch ungeölte Papier ins Gleichgewicht. Das Gläschen mit Mandelöl, stand auf der Wagschaale, welche die Figur nicht angibt. In dasselbe war bereits der Pinsel eingetaucht. (Dieser Umstand, welcher wohl manchem meiner Leser als eine unbedeutende Kleinigkeit vorkommen könnte, war eine nöthige Vorsicht, weil zwischen den Haaren eines troknen Pinsels iederzeit Luft hängt, die bey dem Eintauchen des Pinsels in eine Flüssigkeit entweicht, und dadurch das Gewicht desselben verändert.) Von der Wagschaale auf welcher das Oelgläschen stand, ging ein Seidenfaden durch das Gehäuße der Wage, an dem Ende desselben hing das Quartblatt Papier, ganz frei so wie die Flasche e in der Figur. Nachdem alles an der Wage im Gleichgewichte war, bestrich ich das Papier mit Mandelöl und sahe, ob dadurch eine Veränderung in dem Stande der Wage bewirkt wurde. Diese mußte ganz allein von der veränderten Adhäsion der Luft an die Oberfläche des Papiers herrühren, denn das Mandelöl, welches zum Bestreichen des Papiers verwendet wurde, ging von dem in dem Gläschen enthaltenen ab, und übrigens blieben alle Umstände vor und nach dem Versuche gleich. In dem ersten Versuche fand ich das Papier durch das Oelen $2\frac{1}{2}$ R (0, 146 Gr.) leichter. Da etwas Mandelöl durch das Angreifen des Pinsels an meine Finger gekommen war, dessen Gewicht etwa 1 R betragen mochte, so hielte ich den Versuch nicht für ganz überzeugend,

und

und wiederholte ihn daher mit mehr Vorsicht. Nun wurde das Quartblatt nachdem es zuerst auf einer Seite mit Mandelöl bestrichen war $1\frac{1}{2}$ R (0,029 Gr), auf beyden Seiten bestrichen $\frac{1}{2}$ R leichter. Auf eine ganz ähnliche Weise, wie in dies n beyden Versuchen, verfuhr ich, um die Wirkung des Oelens auf den mit Leim überstrichenen Staniol zu erfahren. Ich brauchte dazu ein Blatt Staniol, von der Größe der beyden Belegungen meiner Glasplatte.

Nachdem dasselbe zweimal mit Leim überstrichen war, brachte ich es an die Wage, und fand, daß es durch Ueberölen um $1\frac{1}{2}$ R leichter wurde.

Mehrere Versuche hierüber anzustellen, erlaubten die Umstände nicht. Indessen wurden schon durch diese meine bisherige Voraussetzung vollkommen bestättiget.

Im ganzen betrachtet, würde es gewiß viel Gewinn für die Naturlehre seyn, zu untersuchen: wie durch die mancherley Veränderungen der Oberflächen die Anhänglichkeit der Luft an dieser vermehret oder vermindert würde.

Da indessen die Bearbeitung dieses Gegenstandes eine lange Reihe von äusserst sorgfältig angestellten Versuchen erfordert: so würde sie den Druk dieser Schrift (welcher ohnehin durch andere Umstände in die Länge geschoben wurde) viel zu sehr verzögert haben.

Sollte das erste Bändchen dieser Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen von mehreren Naturforschern mit einigem Beyfall aufgenommen werden: so werde ich, dadurch aufgemuntert, die Bearbeitung einiger der oben erwähnten Gegenstände selbst übernehmen, und überhaupt zur Erweiterung unsrer Kenntniß von der Natur das Meinige aus allen Kräften beytragen.

Verzeichnis

einiger Druckfehler in den physikal. mathematischen Abhandlungen.

Seite 29. Anmerk. 11 Zeile von unten herauf, statt ccb' lese cbb'

S. 36. 10 Zeile von oben statt $q = P.\frac{\text{Sin}(a-n)}{\text{Sin}(a+n)}$

lese $q = p.\frac{\text{Sin}(a-n)}{\text{Sin}(a+n)}$

Ebendaselbst 5 Zeile von unten statt $q = P = \frac{ed}{ad}.$

$P.\frac{\text{Sin } n}{\text{Sin}(a+n)}$ lese $q = p + \frac{ed}{ad}.\ P.\frac{\text{Sin } n}{\text{Sin}(a+n)}$

S. 38. 2 Zeile von unten statt deren 256 = 16 Gran Cölln. lese deren 256 = 15 Gran Cölln.

S. 43. 2 Zeile von oben statt bk lese bh

S. 47. Anmerk. 17 Zeile von oben yc γc

Ebendaselbst 21 Zeile von oben statt by lese bγ

S. 48. 5 Zeile von unten statt denn, weil lese Weil

S. 49. 4 Zeile von unten statt $\frac{a}{r\,\text{Sin}\,c}$ lese $\frac{a}{r\,\text{Sin}\,C}$

Ebendaselbst lezte Zeile statt adc = Rect lese acd = Rect

S. 52. 2 Zeile von oben statt g lese γ

S. 54. 10 Zeile von oben statt aber entgegengesezt lese aber der Lage nach entgegengesezt.

S. 69. 9 Zeile von unten statt Anlage lese Wage

S. 82. 4 Zeile von unten statt dessen lese dasselbe

S. 96.

Druckfehler.

S. 96. 16 Zeile von oben statt $16\frac{8}{16}$ lese $10\frac{8}{16}$

S. 111. 14 Zeile von oben statt einem lese ienem

S. 118. 14 Zeile von oben statt geben P = lese geben p =

S. 145. 3 Zeile von unten statt $\left(\frac{E-e}{A}\right)\frac{4}{Z}$ lese $\left(\frac{E-e}{A}\right)\frac{L}{Z}$

S. 189. 11 Zeile von unten statt aus lese auf

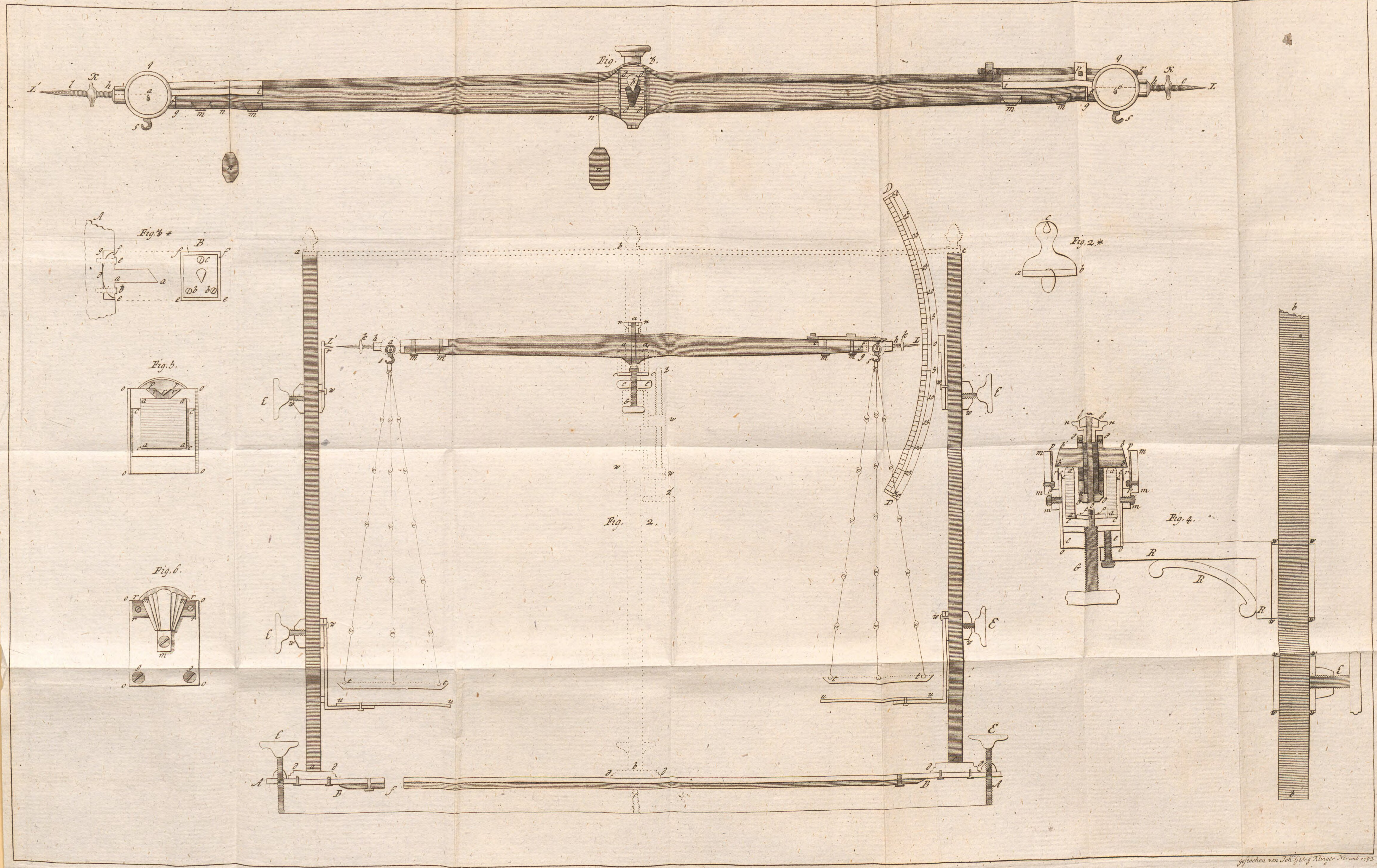
S. 214. 5 Zeile von oben statt nachdem etwas lese nachdem etwas

Verbesserungen, welche auf den Kupfertafeln zu machen sind.

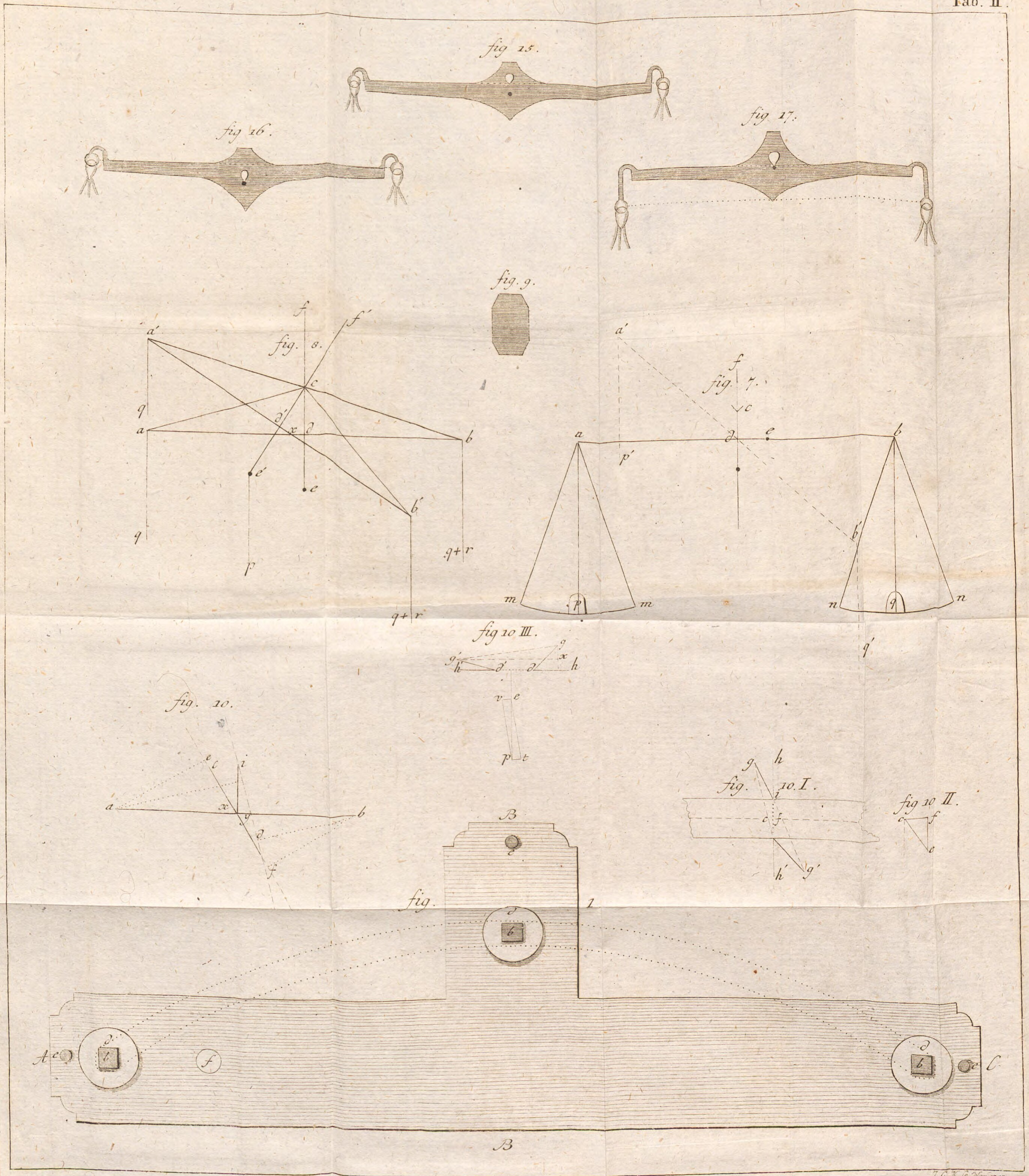
Fig. 12. Tab. III. ist die Linie bq zu ziehen vergessen worden. In eben dieser Figur heißt der zu oberst stehende Buchstabe nicht f sondern F. Auch sollte ferner die gerade Linie fg genau durch den Punkt e dieser Figur gehen.

Fig. 24. Tab. III. muß gleich über d der Buchstaben f stehen.

Tab. I.



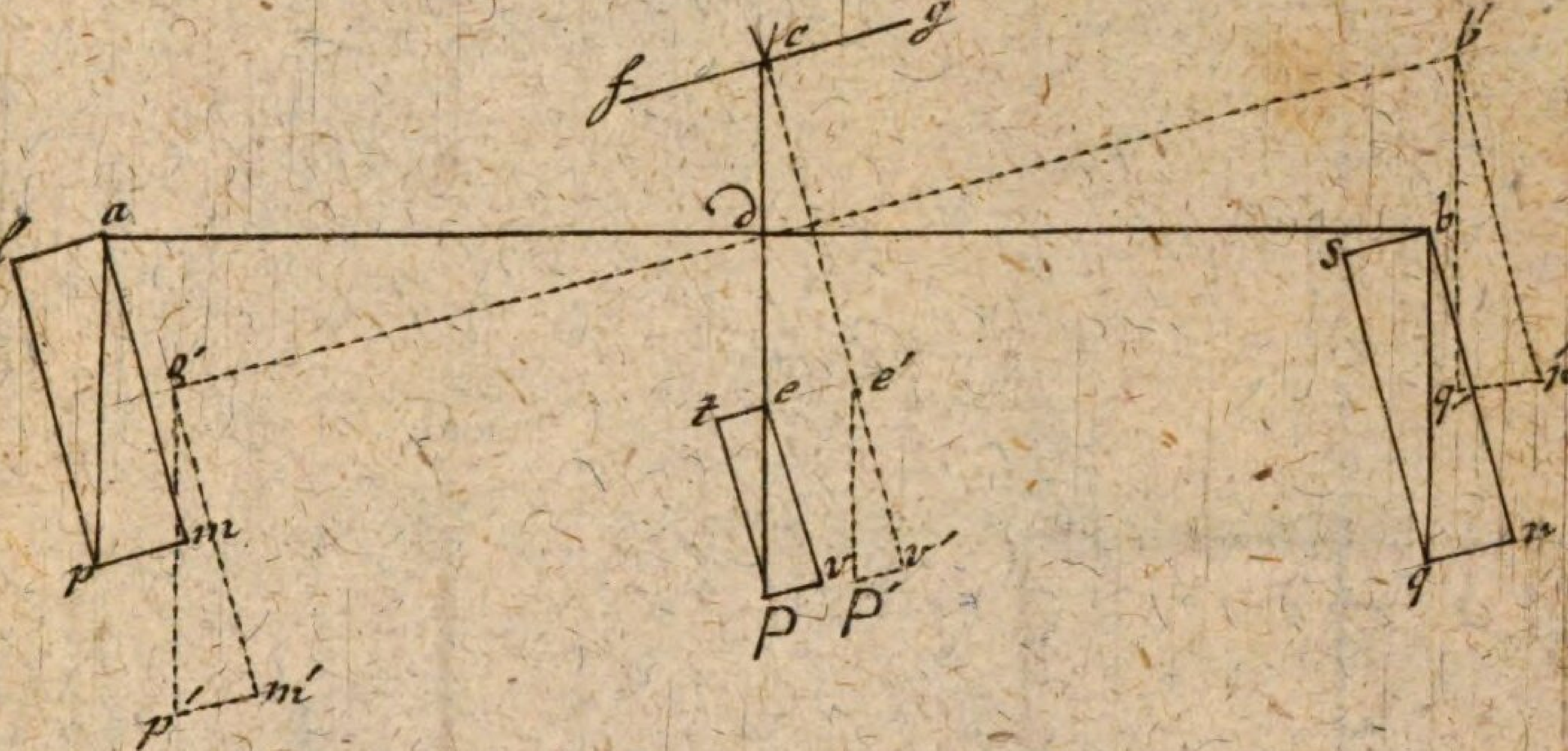
gestochen von Joh. Georg Klinger Norimb 1793

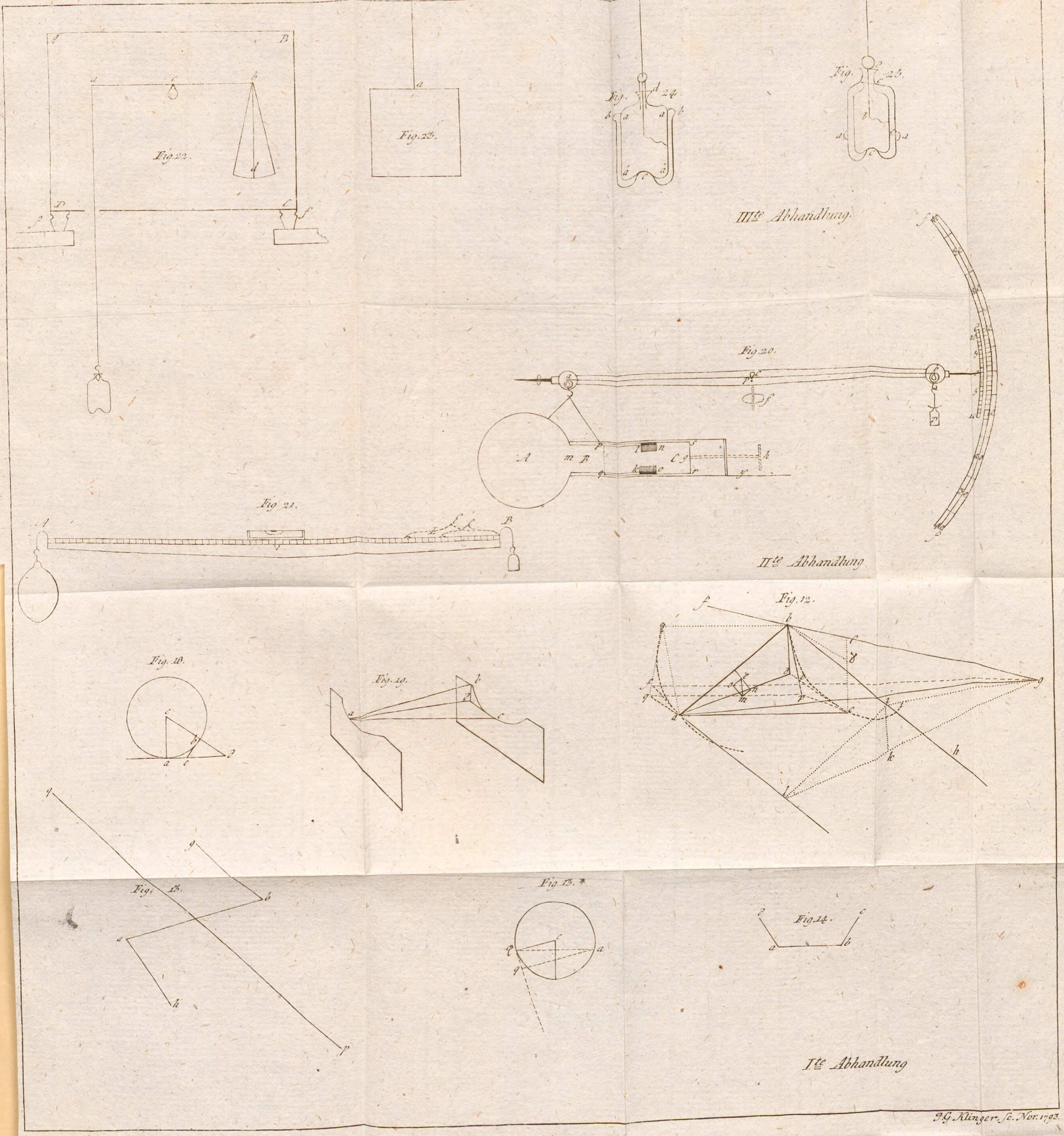


I. G. K. sc. Nov. 1793

Iᵗᵉ Abhandlung.

Fig. 11





J.G. Klinger. sc. Nov. 1793.

41

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schmidt, Georg Gottlieb,

Sammlung physisch-mathematischer Abhandlungen

Bd.: 1

Gießen 1793

Phys.g. 420-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131951-8
VD18 80015174-001